



**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**ESCUELA DE CIENCIAS QUIMICAS**

**“TOLERANCIA DE CINCO CEPAS DE BIOFUNGICIDAS *Trichoderma*  
*sp* A CINCO FUNGICIDAS QUÍMICOS”**

**TRABAJO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del título de:**

**INGENIERA EN BIOTECNOLOGIA AMBIENTAL**

**AUTOR: MARÍA FERNANDA PASMIÑO GARCÍA**

**TUTOR: Dr. ROBERT CAZAR**

**Riobamba – Ecuador**

**2015**

## **CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL**

El Tribunal de Tesis certifica que: El trabajo de titulación: **“TOLERANCIA DE CINCO CEPAS DE BIOFUNGICIDAS *Trichoderma sp* A CINCO FUNGICIDAS QUÍMICOS”**, de responsabilidad de la señorita egresada María Fernanda Pasmiño García, ha sido prolijamente revisado por los Miembros del Tribunal de Tesis, quedando su presentación.

| <b>FIRMA</b> | <b>FECHA</b> |
|--------------|--------------|
|--------------|--------------|

|  |       |
|--|-------|
| DR. CAZAR RAMIREZ ROBERT ALCIDES _____ | _____ |
|--|-------|

**DIRECTOR DE TESIS**

|  |       |
|--|-------|
| ING. CASTRO GOMEZ ROSA DEL PILAR _____ | _____ |
|--|-------|

**MIEMBRO DEL TRIBUNAL**

Yo, María Fernanda Pasmiño García, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación; y el patrimonio intelectual del Trabajo de Titulación, pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO.

María Fernanda Pasmiño García

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por darme la libertad de vivir. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. A la Ing. Rosita Castro y a la Dra. Marcia Pesántez por brindarme su apoyo, colaboración y dirección en esta propuesta de investigación. Al Dr. Robert Cazar por su colaboración, asesoramiento y aporte en la elaboración del presente trabajo. A mi mamita Consuelo quien con su hermoso ejemplo de honestidad y humildad enriquece siempre mi corazón, por su amor de madre y paciencia infinita. Al mejor papá del mundo Orly, por su inmenso apoyo en todos los aspectos de mi vida, por alentarme en cada peldaño de mi vida. A mis hermanos David, Jeannine, Orly, Idibud, y Anae, mis sobrinitos: Elian, Eidan e Ian, por fortalecer mi corazón con su inmenso amor y ser los mejores regalos de mi vida. A mi cuñado Lenis Montaña, mi tío Luis Pazmiño, mis abuelitos Dominga Bastidas, Juan García, Milton Pazmiño y María Méndez por sus sabios consejos y demás familiares por su cariño y palabras de aliento. A mis amigos: Alex Álvarez, Gabriela Allauca, Jipson Bajaña, Emilia Benalcazar, Mayra Camacho, Nancy Coronel, Juan José Demera, Eloy Everson, Valeria Flores, Andrés Martínez, Luis Quintero, Norma Romero, Miguel Rosero, Elsa Valdez y Germán Villacrés por extender sus manos hacia mí, haber compartido alegrías y tristezas.

María Fernanda Pasmiño García

## **DEDICATORIA**

A mi Padre Celestial, por acompañarme en cada paso por la vida. A mis amados padres: Orly Pasmiño y Consuelo García, por ser mis mejores amigos. A mis hermanos: David, Jeannine, Orly, Idibud, y Anae por ser mi fortaleza en los días difíciles. A mis abuelitos por su ejemplo de lucha, tíos y primos: De manera especial a mi tío Luis Pazmiño por su apoyo incondicional. A mi cuñado: Lenis Montaña por su apoyo y palabras de aliento cuando más lo necesitaba. A mis sobrinitos: Elian, Eidan e Ian, por contagiar mis días de su alegría.

María Fernanda Pasmiño García

## INDICE DE CONTENIDO

|   |      |
|---|------|
| ÍNDICE DE TABLAS.....   | i    |
| ÍNDICE DE FIGURAS.....  | v    |
| ÍNDICE DE ANEXOS.....   | viii |
| INDICE DE ABREVIATURAS.....   | x    |
| RESUMEN.....  | xii  |
| SUMMARY.....  | xiii |
| INTRODUCCIÓN.....   | 14   |
| CAPITULO I.....   | 18   |
| 1. MARCO TEÓRICO.....   | 18   |
| 1.1 Marco filosófico o epistemológico de la investigación.....        | 18   |
| 1.2 Antecedentes de la investigación.....                             | 19   |
| 1.3 Bases teóricas.....   | 18   |
| 1.3.1 El cultivo de banano ( <i>Musa sp</i> ) en el Ecuador.....      | 20   |
| 1.3.2 Control químico en el cultivo de banano( <i>Musa sp.</i> )..... | 20   |
| 1.3.3 Los fungicidas y su modo de acción.....                         | 21   |
| 1.4 Fungicida químico difenoconazole.....                             | 21   |
| 1.4.1 Descripción del producto.....                                   | 22   |
| 1.4.2 Método para aplicar el producto.....                            | 22   |
| 1.4.2.1 Equipo de aplicación.....                                     | 22   |
| 1.4.2.2 Acción fitosanitaria.....                                     | 22   |
| 1.4.3 Mecanismo de acción.....  | 23   |
| 1.4.4 Compatibilidad.....   | 23   |
| 1.4.5 Precauciones.....   | 23   |
| 1.4.6 Manejo y disposición de desechos y envases.....                 | 23   |
| 1.4.7 Riesgos ambientales.....  | 24   |
| 1.4.8 Dosificación de difenoconazole 250 EC.....                      | 24   |
| 1.5 Fungicida químico trifloxystrobin.....                            | 24   |
| 1.5.1 Descripción del producto.....                                   | 24   |
| 1.5.2 Modo de acción.....   | 24   |
| 1.5.3 Mecanismo de acción.....  | 25   |

|        |  |    |
|--------|--|----|
| 1.5.4  | <i>Datos de aplicación</i> .....   | 25 |
| 1.5.5  | <i>Fitotoxicidad</i> .....   | 25 |
| 1.5.6  | <i>Precauciones de uso</i> .....   | 26 |
| 1.5.7  | <i>Ecotoxicidad</i> .....  | 26 |
| 1.5.8  | <i>Primeros auxilios</i> .....   | 26 |
| 1.5.9  | <i>Dosificación del fungicida químico trifloxystrobin</i> .....  | 26 |
| 1.6    | <b>Fungicida químico epoxiconazol</b> .....  | 27 |
| 1.6.1  | <i>Modo de acción</i> .....  | 27 |
| 1.6.2  | <i>Composición</i> .....   | 27 |
| 1.6.3  | <i>Propiedades físico químicas</i> .....   | 27 |
| 1.6.4  | <i>Posibles peligros</i> .....   | 27 |
| 1.6.5  | <i>Toxicidad humana</i> .....  | 28 |
| 1.6.6  | <i>Comportamiento ambiental</i> .....  | 28 |
| 1.6.7  | <i>Manipulación y almacenamiento</i> .....   | 28 |
| 1.6.8  | <i>Controles a la exposición y equipo de protección personal</i> .....   | 29 |
| 1.6.9  | <i>Identificación de los riesgos y efectos por exposición</i> .....  | 29 |
| 1.6.10 | <i>Primeros auxilios</i> .....   | 29 |
| 1.6.11 | <i>Consideraciones sobre la disposición final del producto</i> .....   | 29 |
| 1.7    | <b>Fungicida químico fenpropimorf</b> .....  | 29 |
| 1.7.1  | <i>Características del producto</i> .....  | 30 |
| 1.7.2  | <i>Dosificación del producto</i> .....   | 30 |
| 1.7.3  | <i>Preparación del fungicida</i> .....   | 30 |
| 1.7.4  | <i>Manejo de resistencia</i> .....   | 30 |
| 1.7.5  | <i>Compatibilidad</i> .....  | 31 |
| 1.7.6  | <i>Modo de acción</i> .....  | 31 |
| 1.7.7  | <i>Comportamiento ambiental del fungicida químico fenpropimorf</i> .....   | 31 |
| 1.7.8  | <i>Ecotoxicología</i> .....  | 31 |
| 1.8    | <b>Fungicida químico Melaleuca alternifolia</b> .....  | 31 |
| 1.8.1  | <i>Descripción del producto</i> .....  | 31 |
| 1.8.2  | <i>Modo de acción</i> .....  | 32 |
| 1.8.3  | <i>Perfil biológico del fungicida químico Melaleuca alternifolia frente a Mycosphaerella fijiensis Morelet</i> ..... | 32 |
| 1.8.4  | <i>Ventajas de la aplicación del fungicida químico Melaleuca alternifolia</i>  | 32 |

|         |  |    |
|---------|--|----|
|         | <i>en los cultivos de banano</i> .....   |    |
| 1.8.5   | <i>Precauciones y advertencias sobre Melaleuca alternifolia</i> .....          | 33 |
| 1.8.6   | <i>Tratamiento médico de emergencia</i> .....                                  | 33 |
| 1.8.7   | <i>Ecotoxicidad</i> .....  | 33 |
| 1.8.8   | <i>Instrucciones de uso del fungicida químico Melaleuca alternifolia</i> ..... | 34 |
| 1.8.9   | <i>Métodos para preparar y aplicar el producto</i> .....                       | 34 |
| 1.8.9.1 | <i>Aplicación aérea en banano(Musa sp.)</i> .....                              | 34 |
| 1.8.9.2 | <i>Contraindicaciones</i> .....  | 34 |
| 1.9     | <i>Control biológico en el cultivo de banano(Musa sp.)</i> .....               | 34 |
| 1.10    | <i>Generalidades del microorganismo Trichodermasp</i> .....                    | 35 |
| 1.10.1  | <i>Las mejores condiciones de crecimiento para Trichoderma sp</i> .....        | 36 |
| 1.11    | <i>Trichoderma harzianum como biofungicida</i> .....                           | 36 |
| 1.11.1  | <i>Clasificación taxonómica</i> .....  | 36 |
| 1.11.2  | <i>Características</i> .....   | 37 |
| 1.11.3  | <i>Aplicaciones</i> .....  | 37 |
| 1.11.4  | <i>Modo de acción</i> .....  | 37 |
| 1.11.5  | <i>Ventajas de su aplicación</i> .....   | 37 |
| 1.12    | <i>Trichoderma koningii</i> .....  | 37 |
| 1.12.1  | <i>Clasificación taxonómica</i> .....  | 37 |
| 1.12.2  | <i>Especificaciones</i> .....  | 37 |
| 1.12.3  | <i>Aspecto macroscópico</i> .....  | 38 |
| 1.12.4  | <i>Aspecto microscópico</i> .....  | 38 |
| 1.12.5  | <i>Trichoderma koningii en la solución de problemas fitopatológicos</i> .....  | 38 |
| 1.13    | <i>Trichoderma viride</i> .....  | 39 |
| 1.13.1  | <i>Clasificación taxonómica</i> .....  | 39 |
| 1.13.2  | <i>Características macroscópicas</i> .....                                     | 39 |
| 1.13.3  | <i>Características microscópicas</i> .....                                     | 39 |
| 1.13.4  | <i>Forma de acción</i> .....   | 39 |
| 1.13.5  | <i>Uso</i> .....   | 40 |
| 1.13.6  | <i>Recomendaciones de uso</i> .....  | 40 |
|         | <b>CAPITULO II</b> .....   | 40 |
| 2.      | <b>METODOLOGIA</b> .....   | 41 |
| 2.1     | <b>Tipo y diseño de investigación</b> .....                                    | 41 |



|                   |   |    |
|-------------------|---|----|
| 2.2               | Diseño experimental.....  | 41 |
| 2.3               | Unidad de análisis.....   | 41 |
| 2.4               | Población de estudio.....   | 42 |
| 2.5               | Tamaño de muestra.....  | 43 |
| 2.6               | Selección de muestra.....   | 43 |
| 2.6.1             | <i>Material biológico.....</i>  | 43 |
| 2.7               | Técnicas de recolección de datos.....   | 43 |
| 2.7.1             | <i>Fase de laboratorio.....</i>   | 43 |
| 2.7.2             | <i>Tratamiento estadístico de los datos.....</i>  | 43 |
| 2.8               | Mecanismos.....   | 44 |
| 2.8.1             | <i>Planteamiento de hipótesis.....</i>  | 44 |
| 2.8.2             | <i>Evaluación del crecimiento de cinco cepas del microorganismo Trichoderma sp.....</i>   | 44 |
| 2.8.3             | <i>Determinación de la tolerancia de cinco cepas del microorganismo Trichoderma sp.a cinco fungicidas químicos.....</i>                 | 44 |
| CAPITULO III..... |   | 45 |
| 3                 | RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....   | 47 |
| 3.1               | Análisis, interpretación y discusión de resultados.....   | 47 |
| 3.1.1             | <i>Evaluación del crecimiento de cinco cepas del microorganismo Trichoderma sp.....</i>   | 47 |
| 3.1.1.1.          | <i>Ritmo de crecimiento radial del microorganismoTrichoderma sp. a las 24 horas de incubación a una temperatura de 27±1°C.....</i>      | 47 |
| 3.1.1.2.          | <i>Ritmo de crecimiento radial del microorganismoTrichoderma sp. a las 48 horas de incubación a una temperatura de 27±1°C.....</i>      | 47 |
| 3.1.2.            | <i>Determinación de la tolerancia de cinco cepas del microorganismo Trichoderma sp. a cinco fungicidas químicos.....</i>                | 51 |
| 3.1.2.1           | <i>Determinación de la tolerancia de cinco cepas del microorganismo Trichoderma sp. al fungicida químicoMelaleuca alternifolia.....</i> | 54 |
| 3.1.2.2           | <i>Determinación de la tolerancia de cinco cepas del microorganismo Trichoderma sp. al fungicida químico fenpropimorf.....</i>          | 55 |
| 3.1.2.3           | <i>Determinación de la tolerancia de cinco cepas del microorganismo Trichoderma sp. al fungicida químico trifloxystrobin.....</i>       | 60 |
| 3.1.2.4           | <i>Determinación de la tolerancia de cinco cepas del microorganismo</i>   | 66 |

|         |  |           |
|---------|--|-----------|
|         | <i>Trichoderma sp.</i> al fungicida químico difenoconazole.....  |           |
| 3.1.2.5 | Determinación de la tolerancia de cinco cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> al fungicida químico epoxiconazol.....                             | 72        |
| 3.1.3   | <b>Determinación de la dosis eficaz 50 (DE<sub>50</sub>) de los fungicidas químicos sobre el microorganismo <i>Trichoderma sp.</i>.....</b>                | <b>78</b> |
| 3.1.3.1 | Determinación de la DE <sub>50</sub> del fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> sobre cinco cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> ..... | 84        |
| 3.1.3.2 | Determinación de la DE <sub>50</sub> del fungicida químico fenpropimorf sobre cinco cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> .....                  | 85        |
| 3.1.3.3 | Determinación de la DE <sub>50</sub> del fungicida químico trifloxystrobin sobre cinco cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> .....               | 86        |
| 3.1.3.4 | Determinación de la DE <sub>50</sub> del fungicida químico difenoconazole sobre cinco cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> .....                | 88        |
| 3.1.3.5 | Determinación de la DE <sub>50</sub> del fungicida químico epoxiconazol sobre cinco cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> .....                  | 89        |
|         | <b>CONCLUSIONES.....</b>   | <b>92</b> |
|         | <b>RECOMENDACIONES.....</b>  | <b>93</b> |
|         | <b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>   | <b>94</b> |
|         | <b>ANEXOS.....</b>   |           |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                   |   |           |
|-------------------|---|-----------|
| <b>Tabla 1-1</b>  | Dosificación del fungicida químico difenoconazole.....  | <b>24</b> |
| <b>Tabla 2-1</b>  | Dosificación del fungicida químico trifloxystrobin.....   | <b>26</b> |
| <b>Tabla 3-1</b>  | Dosificación del fungicida químico fenpropimorf.....  | <b>30</b> |
| <b>Tabla 4-1</b>  | Dosificación del fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> .....  | <b>34</b> |
| <b>Tabla 5-2</b>  | Código y descripción de los tratamientos realizados en la determinación de la tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> a los cinco fungicidas químicos ensayados.....                                 | <b>42</b> |
| <b>Tabla 6-2</b>  | Códigos y procedencia de las cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> .....  | <b>45</b> |
| <b>Tabla 7-2</b>  | Dosis de los fungicidas químicos ensayados en la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> .....   | <b>45</b> |
| <b>Tabla 8-3</b>  | Resultados prueba de evaluación del crecimiento radial del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> a 24 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....   | <b>47</b> |
| <b>Tabla 9-3</b>  | Análisis de varianza para el ritmo de crecimiento radial de cinco cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> a 24 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}$ .....  | <b>49</b> |
| <b>Tabla 10-3</b> | Prueba de Tukey al 5% para el ritmo de crecimiento radial de cinco cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> a 24 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                                     | <b>50</b> |
| <b>Tabla 11-3</b> | Resultados de la prueba de evaluación del ritmo de crecimiento radial del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> a las 48 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                                    | <b>53</b> |
| <b>Tabla 12-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia de cinco cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> frente a cinco fungicidas químicos a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                      | <b>54</b> |
| <b>Tabla13-3</b>  | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje frente al fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ ..... | <b>56</b> |
| <b>Tabla14-3</b>  | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma koningii</i> TJM frente al fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....     | <b>57</b> |
| <b>Tabla 15-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3 frente al fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ ..... | <b>58</b> |

|                   |  |           |
|-------------------|--|-----------|
| <b>Tabla 16-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Tung frente al fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> a 72 horas de incubación a 27±1°C..... | <b>59</b> |
| <b>Tabla 17-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia de <i>Trichoderma viride</i> Ju27 frente al fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> a 72 horas de incubación a 27±1°C....                  | <b>60</b> |
| <b>Tabla 18-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje frente al fungicida químico fenpropimorf a 72 horas de incubación a 27±1°C.....             | <b>61</b> |
| <b>Tabla 19-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia de <i>Trichoderma koningii</i> TJM frente al fungicida químico fenpropimorf a 72 horas de incubación a 27±1°C.....                                 | <b>62</b> |
| <b>Tabla 20-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3 frente al fungicida químico fenpropimorf a 72 horas de incubación a 27±1°C.....             | <b>63</b> |
| <b>Tabla 21-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Tung frente al fungicida químico fenpropimorf a 72 horas de incubación a 27±1°C.....                  | <b>64</b> |
| <b>Tabla 22-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Ju27 frente al fungicida químico fenpropimorf a 72 horas de incubación a 27±1°C.....                  | <b>65</b> |
| <b>Tabla 23-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje al fungicida químico trifloxystrobin a 72 horas de incubación a 27±1°C.....                 | <b>67</b> |
| <b>Tabla 24-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma koningii</i> TJM frente a trifloxystrobin a 72 horas de incubación a 27±1°C.....                                 | <b>68</b> |
| <b>Tabla 25-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3 frente al fungicida químico trifloxystrobin a 72 horas de incubación a 27±1°C.....          | <b>68</b> |
| <b>Tabla 26-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Tung frente al fungicida químico trifloxystrobin a 72 horas de incubación a 27±1°C.....               | <b>69</b> |
| <b>Tabla 27-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Ju27 frente al fungicida químico trifloxystrobin a 72 horas de incubación a 27±1°C.....               | <b>70</b> |
| <b>Tabla 28-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma</i>  | <b>71</b> |

|                   |  |           |
|-------------------|--|-----------|
|                   | <i>harzianum</i> Pasaje frente al fungicida químico difenoconazole a 72 horas de incubación a 27±1°C.....  |           |
| <b>Tabla 29-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia de <i>Trichoderma koningii</i> TJM frente a difenoconazole a 72 horas de incubación a 27±1°C.....  | <b>73</b> |
| <b>Tabla 30-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3 frente al fungicida químico difenoconazole a 72 horas de incubación a 27±1°C..... | <b>74</b> |
| <b>Tabla 31-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Tung frente al fungicida químico difenoconazole a 72 horas de incubación a 27±1°C.....      | <b>75</b> |
| <b>Tabla 32-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Ju27 frente al fungicida químico difenoconazole a 72 horas de incubación a 27±1°C.....      | <b>76</b> |
| <b>Tabla 33-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje frente al fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a 27±1°C.....   | <b>79</b> |
| <b>Tabla 34-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma koningii</i> TJM frente al fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a 27±1°C.....       | <b>80</b> |
| <b>Tabla 35-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3 frente al fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a 27±1°C.....   | <b>81</b> |
| <b>Tabla 36-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Tung frente al fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a 27±1°C.....        | <b>82</b> |
| <b>Tabla 37-3</b> | Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Ju27 frente al fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a 27±1°C.....        | <b>83</b> |
| <b>Tabla 38-3</b> | Dosis eficaz 50 del fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> frente a las cinco cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp</i> .....                                    | <b>85</b> |
| <b>Tabla 39-3</b> | Dosis eficaz 50 del fungicida químico fenpropimorf frente a las cinco cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp</i> .....   | <b>86</b> |
| <b>Tabla 40-3</b> | Dosis eficaz 50 del fungicida químico trifloxystrobin frente a las cinco cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp</i> .....  | <b>88</b> |

|                   |  |           |
|-------------------|--|-----------|
| <b>Tabla 41-3</b> | Dosis eficaz 50 del fungicida químico difenoconazole frente a las cinco cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp</i> ..... | <b>89</b> |
| <b>Tabla 42-3</b> | Dosis eficaz 50 del fungicida químico epoxiconazol frente a las cinco cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp</i> .....   | <b>90</b> |

## INDICE DE FIGURAS

|                    |  |           |
|--------------------|--|-----------|
| <b>Figura 1-3</b>  | Prueba de evaluación del ritmo de crecimiento radial en milímetros de las cinco cepas de <i>Trichoderma sp.</i> a 24 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....       | <b>48</b> |
| <b>Figura 2-3</b>  | Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje a 24 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                           | <b>48</b> |
| <b>Figura 3-3</b>  | Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo <i>Trichoderma koningii</i> TJM a 24 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                               | <b>48</b> |
| <b>Figura 4-3</b>  | Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3 a 24 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                           | <b>49</b> |
| <b>Figura 5-3</b>  | Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Tung a 24 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                                | <b>49</b> |
| <b>Figura 6-3</b>  | Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Ju27 a 24 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                                | <b>51</b> |
| <b>Figura 7-3</b>  | Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje a 48 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                           | <b>52</b> |
| <b>Figura 8-3</b>  | Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo <i>Trichoderma koningii</i> TJM a 48 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                               | <b>52</b> |
| <b>Figura 9-3</b>  | Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3 a 48 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                           | <b>52</b> |
| <b>Figura 10-3</b> | Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Tung a 48 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                                | <b>53</b> |
| <b>Figura 11-3</b> | Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Ju27 a 48 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                                | <b>53</b> |
| <b>Figura 12-3</b> | Prueba de tolerancia de cinco cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> a cinco fungicidas químicos partiendo del disco de 4mm.....  | <b>55</b> |
| <b>Figura 13-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje frente al fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ | <b>56</b> |
| <b>Figura 14-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma koningii</i> TJM frente al fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$     | <b>57</b> |
| <b>Figura 15-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3 frente al fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ | <b>58</b> |
| <b>Figura16-3</b>  | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Tung frente al fungicida   | <b>59</b> |

|                    |   |           |
|--------------------|---|-----------|
|                    | químico <i>Melaleuca alternifolia</i> a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....  |           |
| <b>Figura 17-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Ju27 frente al fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ ..... | <b>60</b> |
| <b>Figura 18-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje frente al fungicida químico fenpropimorf a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....             | <b>62</b> |
| <b>Figura 19-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma koningii</i> TJM frente al fungicida químico fenpropimorf a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                 | <b>63</b> |
| <b>Figura 20-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3 frente al fungicida químico fenpropimorf a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....             | <b>64</b> |
| <b>Figura 21-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Tung frente al fungicida químico fenpropimorf a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                  | <b>65</b> |
| <b>Figura 22-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Ju27 frente al fungicida químico fenpropimorf a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                  | <b>66</b> |
| <b>Figura 23-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje frente al fungicida químico trifloxystrobin a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....          | <b>68</b> |
| <b>Figura 24-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma koningii</i> TJM frente al fungicida químico trifloxystrobin a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....              | <b>69</b> |
| <b>Figura 25-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3 al fungicida químico trifloxystrobin a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                 | <b>70</b> |
| <b>Figura 26-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Tung frente al fungicida químico trifloxystrobin a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....               | <b>71</b> |
| <b>Figura 27-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Ju27 frente al fungicida químico trifloxystrobin a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....               | <b>72</b> |
| <b>Figura 28-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje frente al fungicida químico difenoconazole a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....           | <b>74</b> |
| <b>Figura 29-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma koningii</i> Pasaje frente al fungicida químico difenoconazole a 72 de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                  | <b>75</b> |
| <b>Figura 30-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3 frente al fungicida químico difenoconazole a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....           | <b>76</b> |
| <b>Figura 31-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Tung frente al fungicida químico difenoconazole a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                | <b>77</b> |
| <b>Figura 32-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Ju27 frente al fungicida químico difenoconazole a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                | <b>78</b> |
| <b>Figura 33-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje frente al   | <b>79</b> |



|                    |   |           |
|--------------------|---|-----------|
|                    | fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....   |           |
| <b>Figura 34-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma koningii</i> TJM frente al fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                       | <b>80</b> |
| <b>Figura 35-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3 frente al fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                   | <b>81</b> |
| <b>Figura 36-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Tung frente al fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                        | <b>82</b> |
| <b>Figura 37-3</b> | Tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Ju27 frente al fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....                        | <b>83</b> |
| <b>Figura 38-3</b> | Curva de regresión ajustada para el fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> frente al microorganismo <i>Trichoderma sp</i> a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ | <b>84</b> |
| <b>Figura 39-3</b> | Curva de regresión ajustada para el fungicida químico fenpropimorf frente al microorganismo <i>Trichoderma sp</i> .a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....           | <b>86</b> |
| <b>Figura 40-3</b> | Curva de regresión ajustada para el fungicida químico trifloxystrobin frente al microorganismo <i>Trichoderma sp</i> .a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....        | <b>87</b> |
| <b>Figura 41-3</b> | Curva de regresión ajustada para el fungicida químico difenoconazole frente al microorganismo <i>Trichoderma sp</i> .a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....         | <b>89</b> |
| <b>Figura 42-3</b> | Curva de regresión ajustada para el fungicida químico epoxiconazol frente al microorganismo <i>Trichoderma sp</i> .a 72 horas de incubación a $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .....           | <b>90</b> |

## INDICE DE ANEXOS

|                 |  |            |
|-----------------|--|------------|
| <b>Anexo 1</b>  | Cepas del microorganismo utilizadas en la investigación: a <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, b <i>Trichoderma koningii</i> TJM, c <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3, d <i>Trichoderma viride</i> Tung y e <i>Trichoderma viride</i> Ju27..... | <b>105</b> |
| <b>Anexo 2</b>  | Presentación de los fungicidas químicos ensayados: a difenoconazole, b trifloxystrobin, c epoxiconazol, d fenpropimorf y e <i>Melaleuca alternifolia</i> .....   | <b>105</b> |
| <b>Anexo 3</b>  | Procedimiento para instalar la prueba de evaluación del crecimiento de las cinco cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> .....   | <b>106</b> |
| <b>Anexo 4</b>  | Instalando el testigo de <i>Trichoderma sp.</i> para los tratamientos correspondientes a la investigación: a vista frontal y b vista por detrás de la caja Petri.....  | <b>106</b> |
| <b>Anexo 5</b>  | Preparando las dosis del fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> .....   | <b>107</b> |
| <b>Anexo 6</b>  | Dosis correspondientes al fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> .....  | <b>107</b> |
| <b>Anexo 7</b>  | Instalando la prueba de compatibilidad del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> frente al fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> .....   | <b>108</b> |
| <b>Anexo 8</b>  | Respuesta de compatibilidad del microorganismo <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3 frente a la dosis 1 del fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> en la repetición 2.....   | <b>108</b> |
| <b>Anexo 9</b>  | Dosis correspondientes al fungicida químico fenpropimorf.....  | <b>109</b> |
| <b>Anexo 10</b> | Respuesta de compatibilidad del microorganismo <i>Trichoderma</i> Ca36-3a la dosis 2 del fungicida químico fenpropimorf de la repetición 2.....  | <b>109</b> |
| <b>Anexo 11</b> | Dosis correspondientes al fungicida químico difenoconazole.....  | <b>109</b> |
| <b>Anexo 12</b> | Prueba de compatibilidad del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> frente al fungicida químico difenoconazole instalada.....   | <b>110</b> |
| <b>Anexo 13</b> | Respuesta de compatibilidad del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Ju27 frente a la dosis 2 del fungicida químico difenoconazole de la repetición 3.....   | <b>110</b> |
| <b>Anexo 14</b> | Dosis 3 correspondiente al fungicida químico trifloxystrobin.....  | <b>111</b> |
| <b>Anexo 15</b> | Respuesta de compatibilidad del microorganismo <i>Trichoderma viride</i> Ju27 frente a la dosis 2 del fungicida químico trifloxystrobin de la repetición 3.....  | <b>111</b> |
| <b>Anexo 16</b> | Dosis correspondientes al fungicida químico epoxiconazol.....  | <b>111</b> |

|                 |   |            |
|-----------------|---|------------|
| <b>Anexo 17</b> | Prueba de compatibilidad del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> frente al fungicida químico epoxiconazol instalada.....  | <b>112</b> |
| <b>Anexo 18</b> | Respuesta de compatibilidad del microorganismo <i>Trichoderma</i> Pasaje frente a la dosis 2 del fungicida químico epoxiconazol de la repetición 3.....             | <b>112</b> |
| <b>Anexo 19</b> | Códigos y descripción de los tratamientos realizados en la determinación de la tolerancia del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> a cinco fungicidas químicos.... | <b>113</b> |

## INDICE DE ABREVIATURAS

|                  |   |
|------------------|---|
| ACB              | Agente de control biológico                         |
| ATP              | Adenosin trifosfato                                 |
| BASF             | Empresa química                                     |
| °C               | Grados Celsius                                      |
| D                | Dosis   |
| Di               | Difenoconazole                                      |
| d <sub>1</sub>   | Dosis baja  |
| d <sub>2</sub>   | Dosis media   |
| d <sub>3</sub>   | Dosis alta  |
| DCA              | Diseño Completo al Azar                             |
| DE <sub>50</sub> | Dosis Efectiva Cincuenta                            |
| E                | Epoxiconazol  |
| EC               | Emulsión Concentrada                                |
| Et               | Y otros   |
| F                | Fenpropimorf  |
| h                | Hora  |
| ha               | Hectárea  |
| ICA              | Instituto Colombiano Agropecuario                   |
| INIAP            | Instituto Nacional de Investigaciones Agropecuarias |
| Me               | <i>Melaleuca alternifolia</i>                       |
| MIP              | Manejo Integrado de Plagas                          |
| mg/kg            | Miligramo por cada kilogramo                        |
| mg/l             | Miligramo por cada litro                            |
| PDA              | Papa Dextrosa Agar                                  |
| ph               | Potencial de hidrogeno                              |
| p/v              | Porcentaje masa volumen                             |
| R <sub>1</sub>   | Repetición 1  |
| R <sub>2</sub>   | Repetición 2  |
| R <sub>3</sub>   | Repetición 3  |
| SA               | Sociedad Anónima                                    |
| SC               | Suspensión Concentrada                              |

|                |                                     |
|----------------|-------------------------------------|
| sp             | Especie                             |
| T              | Trifloxystrobin                     |
| T <sub>3</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3 |
| T <sub>e</sub> | Testigo                             |
| T <sub>5</sub> | <i>Trichoderma koningii</i> Ju27    |
| T <sub>2</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> TJM    |
| T <sub>4</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Tung      |
| T <sub>1</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Pasaje    |
| t/ha/año       | Toneladas por hectárea por año      |
| X              | Media                               |

## RESUMEN

En el Departamento de Sanidad Vegetal sección Fitopatología de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo se determinó la respuesta de cinco cepas del biofungicida *Trichoderma sp.* denominadas: Pasaje, TJM, Ca36-3, Tung y Ju27 al asociarlas con los fungicidas químicos *Melaleuca alternifolia*, fenpropimorf, trifloxystrobin, difenoconazole y epoxiconazol, empleados en la provincia de Los Ríos para el combate de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. Para su efecto se realizó: la evaluación del crecimiento de las cinco cepas del biofungicida y determinación de la tolerancia del biofungicida *Trichoderma sp.* a los cinco fungicidas. Posteriormente se realizó el tratamiento estadístico de los datos mediante: análisis de varianza, pruebas de separación de medias y análisis de regresión lineal para la determinación de la Dosis Eficaz cincuenta ( $DE_{50}$ ). Las cinco cepas del biofungicida *Trichoderma sp.* presentaron diferencias en el crecimiento radial "in vitro" a las 24 horas de incubación con un valor promedio de  $T_1$  18,25,  $T_2$  23,17,  $T_3$  14,75,  $T_4$  21,00 y  $T_5$  23,22 mm; a 48 horas de incubación las cinco cepas del biofungicida alcanzaron su crecimiento máximo de 45 mm. En la prueba de tolerancia de las cepas del biofungicida *Trichoderma sp.* a los cinco fungicidas químicos se determinó que *Melaleuca alternifolia*, fenpropimorf, difenoconazole y epoxiconazol, no son compatibles y para el producto trifloxystrobin en dosis de 0,047, 0,094, 0,188 se tuvo una  $DE_{50}$  de 0,14 ppm. La respuesta del biofungicida *Trichoderma sp.* a cuatro de los fungicidas ensayados fue negativa, es decir que el biofungicida no crece en presencia de *Melaleuca alternifolia*, fenpropimorf, difenoconazole y epoxiconazol; frente a trifloxystrobin se desarrolla a concentraciones bajas a las recomendadas por el fabricante, por tanto para la práctica agrícola se recomienda el uso conjunto de trifloxystrobin con el biofungicida *Trichoderma sp.*

## SUMMARY

In the Vegetal Sanity Department of the Natural Resources Faculty of the Escuela Superior Politecnica de Chimborazo it was determined the response of five strains of biofungicide *Trichoderma sp.* named: Pasaje, TJM, Ca36-3, Tung and Ju27 by combining them with fungicides *Melaleuca alternifolia*, fenpropimorf, trifloxystrobin, difenoconazole y epoxiconazol, used in the province of Los Ríos to combat *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. For its effect was made: the evaluation of the growth of five strains of biofungicide and determination of rate of the strains of the biofungicide *Trichoderma sp.* to the five fungicides. Afterwards it was made the statistical treatment of the data through: variance analysis, tests of medium separation and lineal regression analysis for determination of effective dose 50 (DE<sub>50</sub>). The strains of the biofungicide *Trichoderma sp.* presented differences in the determination of the radial growth "in vitro" to 24 hours of incubation with the average value of T<sub>1</sub> 18,25, T<sub>2</sub> 23,17, T<sub>3</sub> 14,75, T<sub>4</sub> 21,00 y T<sub>5</sub> 23,22 mm; to 48 hours of incubation the strains of the biofungicide reached their maximum growth of 45 mm. In the test of the biofungicide strains tolerance *Trichoderma sp.* to the five chemical fungicides, it was determined that the DE<sub>50</sub> of *Melaleuca alternifolia*, fenpropimorf, difenoconazole and epoxiconazol, about the biofungicide is not compatible in the other hand trifloxystrobin in dose of 0,047, 0,094, 0,188 has a DE<sub>50</sub> of 0,14 ppm. The response of the biofungicide *Trichoderma sp.* to four of the essayed fungicides was negative, that is that the biofungicide is not developed face to *Melaleuca alternifolia*, fenpropimorf, difenoconazole and epoxiconazol; face to trifloxystrobin develops to low concentrations to the recommended for the manufacturer, therefore for the agricultural practice it is recommended the joint use of trifloxystrobin se with the biofungicide *Trichoderma sp.*

## INTRODUCCIÓN

### Situación problemática

Investigar estrategias para el control de enfermedades causadas por agentes fitopatógenos (Benítez *et al.*, 2004), surge de la necesidad de encontrar mecanismos que eleven la productividad agrícola, sin la práctica tradicional más común, como es el uso extensivo de pesticidas sintetizados químicamente (Wijesinghe *et al.*, 2011), en el año 2000 se produjeron aproximadamente tres millones de toneladas de ingredientes activos para elevar la productividad (Tilman *et al.*, 2002), en Ecuador se generan anualmente 600 toneladas de envases de agroquímicos (Productor, 2015).

El cultivo de banano (*Musa sp.*) es uno de los más importantes a nivel mundial como fuente de alimento e ingreso económico, cultivando un poco más de 4 millones de toneladas, de las cuales 3.6 millones provienen de países Latinoamericanos (Productor, 2015). Las plantaciones de banano ocupan aproximadamente 230000 hectáreas a escala nacional (SICA, 2011), representa el 23% de las exportaciones no petroleras del país y el 26% del PIB Agrícola (Productor, 2015). Su producción se encuentra amenazada por la enfermedad foliar causada por el hongo ascomicete *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, el mismo que reduce la fotosíntesis y el crecimiento de la planta (Martínez, 2010), durante décadas los agricultores han utilizado grandes cantidades de fungicidas químicos para contrarrestar esta enfermedad, lo que ha provocado: la erosión del suelo, salinización y anegamiento de suelos muy irrigados, drástica alteración de ciclos de nutrientes en el suelo por el excesivo uso de fertilizantes y plaguicidas, pérdida de la diversidad genética (Quezada, 2011), contaminación del agua dulce por compuestos carcinogénicos que afectan al ser humano y formas de vida silvestre, debido a su dispersión, persistencia y proliferación de cepas patogénicas resistentes (Palou, 2009).

Con esta problemática de fondo se ha venido realizando estudios que permitan reducir el riesgo que ocasionan los residuos químicos peligrosos a lo largo de la cadena de producción y comercialización de los alimentos (Singh *et al.*, 2007). En el suelo existen microorganismos benéficos como el hongo *Trichoderma sp.* que ha sido estudiado durante años por las ventajas que presenta como agente de control biológico, debido a su versatilidad, adaptabilidad y manipulación (Falconí, 2010), posee enzimas como las hemicelulasas, celulasas y xylanases, que inicialmente degradan el material vegetal hasta que finalmente sus enzimas de mayor especialización simplifican



las moléculas complejas como los biopesticidas (Agamez, E *et al.*, 2008), siendo una alternativa promisorio al control químico que además, permite disminuir el riesgo ambiental y sanitario sin afectar la salud del ser humano (Benítez *et al.*, 2004).

### **Formulación del problema**

Grandes pérdidas en la producción agrícola son ocasionadas principalmente por enfermedades de organismos fitopatógenos, que han desarrollado persistencia como consecuencia de las malas prácticas agrícolas, como el uso indiscriminado de productos químicos y la contaminación que estos conllevan, generándose perjuicios económicos y ambientales, debido a la resistencia que adquieren estos organismos con el paso del tiempo y los cambios climatológicos (Benítez *et al.*, 2004).

Ante esta problemática se considera a la agricultura orgánica la mejor alternativa sustentable, económica y amigable con el ambiente para el manejo integrado de plagas, que consiste en el empleo de microorganismos antagonistas como *Trichoderma sp.* que desplaza de manera natural a los agentes causantes de las enfermedades en las plantas (Hermosa *et al.*, 2000).

### **Justificación teórica**

En el mes de enero nuestro país reportó un descenso en las exportaciones de banano (*Musa sp.*) con una cifra aproximada de 27,766,976 cajas en comparación con el año 2014 que eran de 28,485,404 cajas (AEBE, 2015), las zonas productoras se ven afectadas por la escasa asistencia técnica, que da como resultado un decrecimiento en el rendimiento de la producción (Paredes, 2012) y por las enfermedades fungosas, entre ellas *Mycosphaerella fijiensis* Morelet que ocasiona disminución en los rendimientos hasta en un 50% (Tovar, 2008).

*Trichoderma sp.* es un hongo biocontrolador antagonista que actúa como hiperparásito competitivo (Tovar, 2008), posee resistencia innata a la mayoría de agroquímicos, incluyendo los fungicidas (Harman, 2003).

En este contexto el Departamento de Sanidad Vegetal sección Fitopatología de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, realiza trabajos de investigación sobre la compatibilidad de *Trichoderma sp.* frente a productos químicos, con el fin de

promover el manejo integrado de plagas, para salvaguardar la producción agrícola, minimizando los impactos ambientales.

### **Justificación práctica**

Actualmente las enfermedades fitosanitarias disminuyen el área foliar, dañan el rizoma de las plantas y afectan las raíces funcionales, estos problemas originan mermas en la producción que representa una importancia económica en las plantaciones de banano (*Musa sp.*), no existe alternativa de manejo que garantice controlar los efectos en forma racional. Con la creciente necesidad de un ambiente sano y las directrices de un mercado exigente en la adquisición de productos libres de residuos tóxicos, es necesario desarrollar tecnologías limpias que sustituyan los agroquímicos por métodos naturales que eleven la productividad y mejoren la calidad de las plantaciones, mediante el uso de un eficiente controlador biológico como es *Trichoderma sp.*, que tiene gran actividad antagonista para la prevención, erradicación, y control de enfermedades (Arzate *et al.*, 2006).

Genera grandes expectativas la combinación de agentes biológicos microbianos con compuestos químicos para el manejo de plagas, con el propósito de elevar la efectividad frente a patógenos (Mohamed, 2015), para su aplicación práctica es necesario ejecutar estudios acerca de la interacción de los ingredientes activos con los controladores biológicos, con el fin de lograr resultados satisfactorios (González, 2005).

El área de Fitopatología de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en su afán por salvaguardar la salud humana y minimizar los impactos ambientales, mantiene en constante desarrollo el Banco de cepas de organismos benéficos.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

- Determinar la tolerancia de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* a cinco fungicidas químicos.

### **Objetivos Específicos**

- Evaluar el crecimiento de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.*
- Determinar la tolerancia del microorganismo *Trichoderma sp.* a los fungicidas químicos: *Melaleuca alternifolia*, fenpropimorf, trifloxystrobin, difenoconazole y epoxiconazol.
- Determinar la Dosis Eficaz 50 (DE<sub>50</sub>) de los fungicidas químicos: *Melaleuca alternifolia*, fenpropimorf, trifloxystrobin, difenoconazole y epoxiconazol sobre el microorganismo *Trichoderma sp.*

## CAPITULO I

### 1. MARCO TEÓRICO

#### 1.1. Marco filosófico o epistemológico de la investigación

Las enfermedades de las plantas en su mayoría son controladas con fungicidas químicos, que generan contaminación por su residualidad, esto ha generado indagar acerca de alternativas utilizando microorganismos con actividad biológica para disminuir el daño ocasionado por los patógenos de las plantas. *Trichoderma sp.* es un hongo benéfico versátil que abunda en los suelos, capaz de parasitar, controlar y destruir muchos hongos, nemátodos y otros fitopatógenos, por lo que investigadores lo denominan como un microorganismo de incalculable valor agrícola (Falconí, 2010). Por cerca de 70 años las especies de *Trichoderma sp.* han sido investigadas como agentes de control biológico (ACB) de enfermedades fúngicas, por los procedimientos de inactivación de las enzimas del patógeno, secreción de metabolitos con efecto antibiótico, ataque directo a otro hongo o micoparasitismo, competencia por espacio y nutrientes, protege a la planta mediante la inducción de sus sistemas de defensa (Benítez, 2004), tiene un efecto de acción más estable y duradero que el control químico, aunque los antagonistas pueden actuar en forma más lenta y en menor escala, los costos resultan menores y de mayor eficiencia (Papavizas, *et al.* 1988).

El presente trabajo de investigación se fundamenta en la Constitución 2008 de la República del Ecuador, la cual se enfatiza en los artículos 14 y 15, que declaran de interés público la prevención del daño ambiental, la recuperación de espacios naturales degradados, que prohíbe el desarrollo de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos y organismos modificados genéticamente que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas y la introducción de desechos tóxicos al territorio nacional (Vallejo, 2014). Mediante estos parámetros del buen vivir, *sumak kawsay*, se orienta a los agricultores de banano a la acción ecológica que deben asumir en el control fitosanitario, como plan piloto en la agroindustria para alcanzar una convivencia ecológicamente armónica sustentable.

## 1.2 Antecedentes de la investigación

Las cepas de *Trichoderma sp.* han sido utilizadas con éxito como agentes de control biológico, por su fuerte agresividad contra hongos fitopatógenos, inducción de mecanismos de defensa en las plantas, alta capacidad reproductiva, habilidad para sobrevivir en ambientes desfavorables y capacidad para modificar la rizosfera (Rincón , 2004).

Llaguno, M. 2004, determinó la tolerancia de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma harzianum* denominadas: Cajabamba, San Juan, Chambo, Pasaje y Tungurahua al asociarse con los fungicidas benomyl, captan, clorotalonil, tiabendazol y carbendazim, empleados en la provincia de Chimborazo para el combate del mal de almácigos. En la prueba de tolerancia determinó que captan tuvo una DE<sub>50</sub> de 87 ppm y clorotalonil una DE<sub>50</sub> de 15290 ppm. Concluyendo que el microorganismo es compatible con el fungicida captan a concentraciones muy bajas y con clorotalonil a concentraciones superiores a las recomendadas por el fabricante, por lo que recomienda el uso conjunto de clorotalonil con el microorganismo *Trichoderma harzianum*.

Cobos, G. 2010, evaluó cepas nativas de *Trichoderma sp.* para el control de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (en su forma imperfecta *Paracercospora fijiensis* Morelet) en el cultivo de *Musa paradisiaca* en fase de laboratorio, mediante el análisis de 11 cepas de *Trichoderma sp.* recolectadas de diferentes zonas bananeras de Ecuador y 3 cepas de *Trichoderma sp.* del banco de cepas del laboratorio de fitopatología (IASAII). Comprobó que el mejor control antagónico de *Trichoderma sp.* contra el patógeno *Paracercospora fijiensis* Morelet se obtuvo con los tratamientos T4, T9 y T11 con diferencias significativas entre 84% y 90%, concluyendo que su estudio representa una fase preliminar de investigación para poder formular un biofungicida que permita controlar los agentes fitopatógenos que disminuyen la productividad de varios cultivos de interés económico para el país.

Yumbay, M. 2011, determinó la eficiencia de varias cepas de *Trichoderma sp.* nativas (Florícola San Alfonso) y una cepa exótica (cepa C19 de la Carrera de Ingeniería en Ciencias Agropecuarias ESPE) en el control del hongo fitopatógeno *Botrytis cinérea*. Seleccionó dos cepas nativas (8a y 7b) que presentaron los mejores resultados en las variables que evaluó y la cepa exótica (cepa C19) para elaborar el bioformulado y aplicarlo en tres variedades de rosas (Freedom, Amelia y Dekora). Los tratamientos estuvieron sometidos a las mismas condiciones ambientales y al mismo manejo.

Franco y Orrego, 2013, determinaron la compatibilidad *in vitro* de aislados nativos de *Trichoderma sp.* con fungicidas para el tratamiento de semillas. El fungicida que mayor inhibición de crecimiento micelial ocasionó fue el carbendazim + thiram, promediando 23.08% en los aislados de *Trichoderma sp.*, por tanto el fungicida curasemilla carboxin + thiram fue el más compatible con el biocontrolador *Trichoderma sp.*

Infante *et al.*, 2013, determinaron la compatibilidad *in vitro* de cuatro cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels con los aceites esenciales de *Melaleuca quinquenervia* (Cav) S.T. Blake (*Melaleuca*), *Piper aduncum* subsp. *assanum* (C. DC.) Saralegui (Platanillo de Cuba), y *Citrus sinensis* (L.) Osbeck (Naranja dulce). Los resultados obtenidos para el aceite de *C. sinensis* evidenciaron que puede ser aplicado conjuntamente con estas cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels, aspecto importante en el manejo de enfermedades.

### **1.3. Bases teóricas**

#### ***1.3.1 El cultivo de banano(Musa sp.) en el Ecuador***

La actividad agrícola de mayor relevancia económica en el Ecuador, es el cultivo de banano(*Musa sp.*), durante el mes de enero del presente año se exportó 27,766,976 cajas (18.14 kg) de la fruta, de las cuales 2,584,969 cajas pertenecen a la compañía exportadora pionera de banano Ubesa que representa el 9,31% de las exportaciones, los destinos de las exportaciones fueron distribuidos de la siguiente manera: aproximadamente el 27,48% al Mar del Norte/ Báltico, 17,97% a Estados Unidos, 17,86% a Rusia, 11,69% al Medio Oriente, 7,16% a Europa del Este, 6,32% al Cono Sur, 5,49% a Oriente, 4,69% al Mediterráneo, 0,67% a Oceanía y 0,66% a África (AEBE, 2015).

La distribución de banano(*Musa sp.*), en nuestro continente empezó por Republica Dominicana, de ahí se trasladó a Panamá y posteriormente a Colombia, Ecuador y los demás países tropicales de Sudamérica (Soto, 1998).

En el año de 1981 en Sudamérica se conoció por primera vez la presencia de la enfermedad *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en Colombia, en Ecuador se dió en la provincia de Esmeraldas, en la Hacienda "Timbre" en 1987 (Pozo, 2009). El hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet es un ascomiceto típico que se desarrolla en climas tropicales, presenta dos fases reproductivas, sexual y asexual (ascosporas y conidias), su germinación se favorece por la temperatura, humedad y por la

presencia de agua en las hojas (época de lluvia y formación de rocío) (Agrios, 2002). La enfermedad afecta el proceso fotosintético de las plantas de banano (Haddad, 2007), se presenta como una pequeña despigmentación a manera de puntos, solo visible en el envés, cuando la evolución de la mancha es pronunciada se hace larga y ancha en forma elíptica, rodeada por un borde café oscuro, cuando esta se seca en el centro se torna gris y se deprime, rodeándose de un borde angosto negro bien definido, luego al unirse todas las lesiones de la hoja se torna negra y muere en 3 ó 4 semanas después de aparecer los primeros síntomas (Vega, 2007).

Otro efecto negativo de la enfermedad está directamente relacionado con la aplicación de fungicidas para su control, la cual representa hasta el 40% de los costos totales de producción, disminuyendo las ganancias y generando un incremento en el grado de contaminación ambiental y los perjuicios potenciales a la salud humana (Manzo *et al.*, 2004).

### ***1.3.2 Control químico en el cultivo de banano(Musa sp.)***

El control químico dentro del manejo integrado de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, tiene como objetivo detener la producción de esporas del agente causal, aunque la infección ya haya empezado (Ordosgoitti, 1999). En este tipo de control se emplean fungicidas protectantes y sistémicos, la dosis y aplicación depende de la molécula y del tipo de formulación (Agrios, 2002).

Cuando se empezó a utilizar el aceite agrícola en banano, se mejoró el efecto terapéutico del aceite con la acción protectante del fungicida (Agrios, 2002). Para controlar la enfermedad en los cultivos se emplean productos químicos en un número promedio de 24 a 26 aplicaciones por año, dependiendo de la resistencia manifestada por el patógeno (Orellana., 2008).

### ***1.3.3 Los fungicidas y su modo de acción***

Los fungicidas ejercen su acción inhibiendo la germinación de esporas o inhibiendo el crecimiento del hongo. Algunos fungicidas inhiben los procesos enzimáticos relacionados con el metabolismo energético, sobre todo la producción de ATP, los puntos en que se bloquea el proceso metabólico son la oxidación del piruvato y la fosforilación oxidativa del difosfato de adenosina.

Los modos de acción de los fungicidas son: la inhibición de la cadena de transporte de electrones, inhibición de enzimas, inhibidores del metabolismo del ácido nucleico y síntesis de proteínas e inhibidores de la síntesis del esterol (Morales, 2002).

## **1.4 Fungicida químico difenoconazole**

### ***1.4.1 Descripción del producto***

- Nombre comercial: Sico 250 EC.
- Ingrediente activo: Difenconazole
- Grupo químico: Triazol
- Nombre químico: 3-cloro-4-(4-metil-2-(1H-1.2.4-Triazol-1-ilmetil)-1.3-dioxolan-2-II) fenil-4-clorofenil éter.
- Concentración y formulación: Concentrado emulsionable, contiene 250 gramos de ingrediente activo por litro de producto formulado.
- Modo de acción: Inhibe la biosíntesis del ergosterol
- Toxicidad: Grupo II. Moderadamente peligroso. LD50 comercial (dermal > 2000 mg/kg; oral > 3500 mg/kg)
- Antídoto: No existe antídoto específico (Antalien, 2014)

### ***1.4.2 Método para aplicar el producto***

Verter el agua a la mitad de la capacidad del tanque de aspersión. Aplicar la dosis recomendada y agitar. Continuar la agitación y llenar el tanque con agua.

#### ***1.4.2.1 Equipo de aplicación***

Puede ser aplicado con equipo terrestre, recomiendan de 300 a 600 l/ha (Sygenta SA, 2011)

#### ***1.4.2.2 Acción fitosanitaria***

Difenconazole es un fungicidasistémico, que pertenece al grupo químico de los triazoles (compuestos heterocíclicos aromáticos, que proporcionan la formación de puentes de H, tienen centros ricos en electrones, capaces de imitar al grupo carboxílico de los ácidos) (Alvarez, 2012),



actúa dentro del sistema celular del hongo (Chávez, 2012), erradica enfermedades en los cultivos por su fuerte control curativo y preventivo, inhibiendo la desmetilación del esterol.

#### ***1.4.3 Mecanismo de acción***

Difenoconazole, es tomado por las plantas, luego actúa sobre el patógeno durante la penetración y formación de haustorios, detiene el desarrollo del hongo por interferencia de la biosíntesis de esteroides en las membranas celulares (Syngenta SA, 2011).

#### ***1.4.4 Compatibilidad***

Difenoconazole es compatible con acaricidas e insectos, cuando se tienen dudas se recomienda hacer prueba previa acerca de la compatibilidad (Antalieu, 2014).

#### ***1.4.5 Precauciones***

En caso de intoxicación:

- Por contacto: Con la piel, lavar con abundante agua; con los ojos, manteniendo los párpados separados lave con abundante agua por lo menos 15 min.
- Por ingestión: No induzca el vómito.
- Por inhalación: Retire al paciente a un lugar ventilado.

#### ***1.4.6 Manejo y disposición final de envases***

- Una vez utilizado el contenido del envase, se debe enjuagar tres veces y verter esto en la mezcla de aplicación, inutilizar el recipiente perforándolo y depositarlo en un lugar destinado para este fin por las autoridades locales.
- Evite almacenar a temperaturas por encima de 35° C (Syngenta SA, 2014).

#### **1.4.7 Riesgos ambientales**

- Se deben eliminar los residuos del producto y sus recipientes tomando las precauciones necesarias.
- Este producto presenta toxicidad a largo plazo para los organismos acuáticos.
- Emplear envases de seguridad para prevenir la contaminación del medio ambiente (Syngenta SA, 2011).

#### **14.8 Dosificación del fungicida químico difenoconazole**

**Tabla 1-1:** Dosificación del fungicida químico difenoconazole

| <b>Cultivo</b>                | <b>Enfermedad</b>  | <b>Dosis en l/ha</b> |
|-------------------------------|--|----------------------|
| Banano<br>( <i>Musa sp.</i> ) | Sigatoka negra<br>( <i>Mycosphaerella fijiensis</i> Morelet) | 0,3 – 0,4            |

Fuente: SYGENTA SA, 2014.

#### **1.5 Fungicida químico trifloxystrobin**

##### **1.5.1 Descripción del producto**

- Nombre comercial: Tega 25 SC
- Ingrediente activo: Trifloxystrobin
- Grupo químico: Estrobilurina
- Concentración: 25%
- Formulación: Suspensión concentrada (SC)
- Clasificación toxicológica: IV
- Banda toxicológica: Verde

##### **1.5.2 Modo de acción**

Trifloxystrobin, es un fungicida de acción mesostémica, permitiendo controlar el hongo *Mycosphaerella fijiensis* Morelet que ataca el cultivo de banano (*Musa sp.*). Su acción mesostémica se basa en que el producto es absorbido por la capa de cera de la superficie de las hojas, después

trifloxystrobin es redistribuido a otras fracciones de la hoja por movimiento superficial de vapores y por redeposición.

Trifloxystrobin, es particularmente activo sobre la germinación de esporas y crecimiento del micelio sobre la superficie de la planta. Además, inhibe el desarrollo del patógeno: formación de haustorios y apresorios en la capa epidermal del tejido de la planta (Bayer Crop Science, 2014).

### ***1.5.3 Mecanismo de acción***

Trifloxystrobin, actúa sobre las mitocondrias de las células de los hongos, interrumpiendo el flujo de electrones en el complejo III (bombea protones para formar ATP). Como consecuencia, la producción de ATP es reducida. Como el ATP es la principal fuente de energía, importantes procesos bioquímicos de las células son afectados, el crecimiento celular se detiene y al final, el hongo muere.

### ***1.5.4 Datos de aplicación***

Se aplica en cultivos únicamente en plantaciones con embolsado prematuro.

#### ***1.5.4.1 Modo de empleo***

Para aplicaciones aéreas, se utiliza un volumen de 12 a 30 litros por hectárea. Cuando la temperatura es mayor a 30°C y la humedad es menor a los 60%, se suspende la aplicación.

#### ***1.5.4.2 Intervalo de aplicación***

Se aplica en un intervalo de 45 a 60 días entre una y otra. No se puede realizar más de 3 a 4 aplicaciones en el año. Este producto se usa dentro de un programa de rotación con fungicidas de otros grupos químicos.

### ***1.5.5 Fitotoxicidad***

Este producto no presenta fitotoxicidad si se lo aplica siguiendo las recomendaciones del fabricante.

### **1.5.6 Precauciones de uso**

- Utilice: anteojos, mascarilla, guantes, dosificador, botas y equipo de aplicación en buen estado.
- No se debe beber, comer o fumar cuando se encuentre manejando y aplicando este producto.
- Aproveche por completo el contenido del envase, lave y enjuague tres veces con agua limpia y agréguela a la mezcla ya preparada.
- No es recomendable dar de beber o inducir el vómito a personas en estado de inconciencia.
- Por exposición, este producto puede ocasionar daños a la piel y los ojos.

### **1.5.7 Ecotoxicidad**

- Trifloxystrobin es toxico para crustáceos y peces.
- Evite contaminar los cuerpos de agua con este producto o con envases vacíos.

### **1.5.8 Primeros auxilios**

- Por ingestión: No provocar el vómito, enjuagar la boca e ingerir de 3 a 4 cucharadas de carbón activado en medio vaso de agua. Acudir al médico.
- Por inhalación: Alejar al paciente del área contaminada hacia un lugar ventilado y fresco.
- Por contacto dérmico: Quitar la ropa y zapatos contaminados y lavar con bastante agua y jabónel área afligida.
- Por contacto con los ojos: Utilice abundante agua limpia para lavar durante 15 minutos (Bayer CropScience, 2015).

### **1.5.9 Dosificación del fungicida químico trifloxystrobin**

**Tabla 2-1:** Dosificación del fungicida químico trifloxystrobin

| <b>Cultivo</b>                | <b>Enfermedad</b>   | <b>Dosis ml/ha</b> |
|-------------------------------|---|--------------------|
| Banano<br>( <i>Musa sp.</i> ) | Sigatoka negra<br>( <i>Mycosphaerella fijensis</i> Morelet) | 150 -175           |

**Fuente.** Bayer CropScience, 2015.

## **1.6 Fungicida químico epoxiconazol**

### ***1.6.1 Modo de acción***

Epoxiconazol, es un azol erradicante que impide el abastecimiento de nutrientes encapsulando los haustorios, inhibe la biosíntesis de células hostiles existentes, detiene la producción de nuevas esporas micóticas y en mezcla de fungicidas puede ser necesario para limitar los niveles de micotoxinas.

### ***1.6.2 Descripción del producto***

- Nombre comercial: Opal 7.5 EC
- Nombre común: (ISO-I) epoxiconazole
- Ingrediente activo: Epoxiconazol
- Grupo químico: conazol, clorado, fluorado
- Fórmula: C<sub>17</sub>H<sub>13</sub>ClFN<sub>3</sub>O
- Formulación: Concentrado emulsificable, suspensión concentrada, polvo mojable.
- Mezclas: (+carbendazina) (+piraclostrobina) Modo de acción: Preventivo y curativo. Inhibe la dimetilación en la síntesis de esterol.
- Estabilidad: No se hidroliza
- Usos: Control de enfermedades causadas por ascomycetes, basidiomicetes y deuteromicetes en diversos cultivos (Cruz *et al.*, 2014).

### ***1.6.3 Propiedades físico – químicas***

- Estado físico: líquido.
- Color: amarillo - pardo.
- Olor: ligeramente aromático.
- Temperatura de solidificación: -5°C.
- Solubilidad en agua: Emulsionable (Syngenta, 2014).

### ***1.6.4 Posibles peligros***

- Nocivo: Inflamable.

- Tóxico: Para organismos acuáticos.

#### ***1.6.5 Toxicidad humana***

- Toxicidad aguda DL50/CL50 oral (ratas): 3160 mg/kg (M)
- Inhalación (ratas): >5.3 mg/l
- Dérmico (ratas): >200 mg/kg
- Clasificación: ligeramente tóxico (EPA)
- Acción tóxica y síntomas: síndrome tóxico por triazol
- Toxicidad tópica: capacidad irritativa: ocular positiva (leve)
- Capacidad alergénica: negativa
- Toxicidad crónica y a largo plazo: Neurotoxicidad: negativa (Cruz *et al.*, 2014).

#### ***1.6.6 Comportamiento ambiental***

- Volatibilidad: no volátil.
- Bioacumulación: ligera.
- Solubilidad en agua: baja.
- Persistencia en agua sedimento: más persistente.
- Persistencia en el suelo: extrema a mediana.
- Movilidad en el suelo: ligera a inmóvil.
- Observaciones: persistentes en el suelo y en el agua, con moderado potencial de lixiviación. Se encuentra entre los 10 primeros fungicidas más problemáticos (Cruz *et al.*, 2014).

#### ***1.6.7 Manipulación y almacenamiento***

- Temperatura de almacenamiento: Proteger de temperaturas bajas -10°C y mayores a 40°C.
- Condiciones de almacenamiento: Almacenar por no más de 24 meses y mantener el recipiente seco.
- Manipulación de recipientes: Evitar vapores porque pueden formar mezcla peligrosa con el aire.
- Información para transporte: Líquido inflamable (contiene ciclohexanona).

#### ***1.6.8 Controles a la exposición y equipo de protección personal***

- Condiciones de ventilación: Ventilación por extracción forzada en la maquinaria.
- Equipo de protección respiratoria: Respirador de partículas.
- Equipo de protección ocular: Lentes de seguridad.
- Equipo de protección dérmica: Guantes con resistencia a productos químicos y ropa protectora, delantal.

#### ***1.6.9 Identificación de los riesgos y efectos por exposición***

- Inhalación: irritante.
- Contacto con los ojos: Irritante.
- Contacto con la piel: Irritante.
- Órganos blancos: Ojos, piel y el tracto respiratorio.

#### ***1.6.10 Primeros auxilios***

- Contacto ocular: lavar los ojos inmediatamente por 15 minutos en agua corriendo con los párpados abiertos.
- Contacto dérmico: Lave con abundante agua y jabón.
- Inhalación: Mantener al paciente calmado, moverlo a un lugar fresco y buscar atención médica.
- Ingestión: Enjuagar la boca de inmediato y después tomar abundante agua. No inducir al vómito.

#### ***1.6.11 Consideraciones sobre la disposición final del producto***

Los envases vacíos deben ser incinerados o desechados según las regulaciones locales (Syngenta, 2014).

### **1.7 Fungicida químico fenpropimorf**

Fenpropimorf, es un fungicida perteneciente al grupo químico de las morfolinas, de acción preventiva y curativa sobre *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en el cultivo de banano (*Musa sp.*).

### 1.7.1 Características del producto

- Nombre comercial: Volley
- Ingrediente activo: Fenpropimorf
- Grupo químico: Morfolina
- Formulación: concentrado emulsificable
- Concentración: 880 g/l.
- Fórmula: C<sub>20</sub>H<sub>33</sub>NO
- Líquido miscible: En aceite.
- Categoría Toxicológica: III, es medianamente tóxico.
- Modo de acción: Sistémico, protector y curativo. Inhibe la síntesis de ergosterol.
- Estabilidad: estable a temperatura ambiente en recipientes cerrados por al menos 3 años.
- Usos: control de enfermedades foliares como *Rhynchosporium sp.*, *Cercospora sp.*
- Aplicación: En suspensión o emulsión (Cruz, 2010)

### 1.7.2 Dosificación del producto

**Tabla 3-1:** Dosificación del fungicida químico fenpropimorf

| Cultivo                       | Enfermedad  | Dosis l/ha |
|-------------------------------|---|------------|
| Banano<br>( <i>Musa sp.</i> ) | (Sigatoka negra)<br><i>Mycosphaerella fijiensis</i> Morelet | 0,7        |

Fuente: Bayer, 2014.

### 1.7.3 Preparación del fungicida

- Colocar la dosis recomendada de aceite (7 – 8 l/ha) en el tanque de mezcla y comenzar a agitar.
- Adicionar emulsificante no iónico en proporción de 1,0% del volumen total del aceite.
- Sobre el aceite agrícola y el emulsificante en constante agitación agregar fenpropimorf a razón de 0,7 l/ha. Agitar entre 1 y 3 minutos hasta obtener una mezcla uniforme.
- Verter la cantidad necesaria de agua para ajustar el volumen final (18 a 23 l/ha), agitar la mezcla de 1 a 3 minutos.

### 1.7.4 Manejo de resistencia

Producto básico para el manejo de la resistencia de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. Usado solo o en mezcla con otros fungicidas no debe exceder de 8 aplicaciones en el año de cultivo.



### ***1.7.5 Compatibilidad***

Es miscible con los insecticidas, fungicidas y abonos foliares (úrea) de uso común en el cultivo.

### ***1.7.6 Modo de acción***

Fenpropimorf, es un fungicida sistémico y penetrante con acción preventiva y curativa.

### ***1.7.7 Comportamiento ambiental de fenpropimorf***

- Solubilidad en agua: baja.
- Persistencia en agua sedimento: alta a no persistente.
- Límites máximos de residuos en agua superficial: 0,02 µg/l
- Movilidad en el suelo: inmóvil.
- Volatilidad: no volátil.
- Bioacumulación: mediana.
- Observaciones: tiene bajo potencial de lixiviación.

### ***1.7.8 Ecotoxicología***

- Toxicidad aguda en peces: alta, CL50 (96h)
- Toxicidad aguda en crustáceos: alta, CE50 (48h)
- Toxicidad aguda en aves: ligera.
- Toxicidad aguda en insectos (abejas): mediana a ligera (Cruz, 2010).

## ***1.8 Fungicida químico *Melaleuca alternifolia****

Es un fungicida natural que actúa en forma preventiva y curativa de enfermedades en el cultivo de banano, mediante la inhibición del desarrollo de la germinación de esporas, del crecimiento del micelio y ocasiona lesión expansiva.

### ***1.8.1 Descripción del producto***

- Nombre comercial: Timorex gold
- Ingrediente activo: Extracto de la planta *Melaleuca alternifolia*

- Clase química: Hidrocarburos y alcoholes de terpeno
- Composición química: terpinoleno, 1,8-cineol, alfa-terpineol, gamma-terpineno, p-cymeno, terpinen-4-ol, alfa-terpineno, limoneno, sabineno, aromadendreno, delta-cadineno, globulol, viridiforol, alfa-pineno (Jimenez, 2013)
- Composición: Aceite de árbol de té (*Melaleuca alternifolia*) (222,5 g/L) y coformulantes (1 L).
- Inflamable, no corrosivo y no explosivo.
- Estado físico: Líquido.
- Color: Café claro a amarillo.
- Olor: Característico.
- pH (1% en agua) : 9
- Solubilidad en agua: Miscible.

#### **1.8.2 Modo de acción**

Altera la barrera de permeabilidad de las estructuras de membrana de organismos vivos en diferentes sitios de acción:

- Destruye la integridad celular.
- Aumenta la permeabilidad de membranas.
- Causa pérdida del citoplasma.
- Inhibe la respiración y procesos de transporte de iones (Stockton, 2010).

#### **18.3. Perfil biológico de *Melaleuca alternifolia* frente a *Mycosphaerella fijiensis* Morelet**

- Preventivo: Evita la germinación de esporas de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet.
- Curativo: Inhibe el crecimiento y el avance de las lesiones provocadas por *Mycosphaerella fijiensis* Morelet.
- Supresivo: Suprime las colonias de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet (Stockton, 2010)

#### **1.8.4 Ventajas de la aplicación de *Melaleuca alternifolia* en los cultivos de banano(*Musa sp.*)**

- Amigable con el medio ambiente.
- Aumenta la producción de hojas y los parámetros de rendimiento.

- Carga tóxica nula.
- Potente actividad preventiva y curativa comprobada.
- Inocuo para insectos benéficos.
- Herramienta eficaz para el manejo de la resistencia.
- Sin limitaciones de intervalo de precosecha.
- Se puede utilizar en la agricultura convencional y orgánica (Stockton, 2010)

#### ***1.8.5 Precauciones y advertencias sobre *Melaleuca alternifolia****

- Usar protección adecuada durante la aplicación para impedir el contacto del producto con la ropa y el cuerpo.
- No fumar, beber o comer, cuando se esté manipulando o aplicando el producto.
- Lavar el equipo de aplicación con abundante agua, cuidando de no vaciar su contenido en fuentes de agua.

#### ***1.8.6 Tratamiento médico de emergencia***

- Descontaminación gástrica: Evaluar el uso de carbón activado.
- Vía aérea: Cuando sea posible, aspirar secreciones.
- Irritación dérmica: Limpiar el área afectada y evaluar el uso de corticoides.
- Inhalación: Trasladar al afectado al aire fresco y si no respira proporcionar respiración artificial.
- Ingestión: No inducir el vómito, nunca darle nada a una persona inconsciente, lavar la boca con grandes cantidades de agua limpia.
- Contacto dérmico: Sacar de inmediato los zapatos, la ropa infectada y lavar el área afectada durante 15 minutos.
- Contacto ocular: Retirar los lentes de contacto óptico o cosmético, lavar los ojos con abundante agua limpia por 10 a 15 minutos manteniendo los párpados abiertos.

#### ***1.8.7 Ecotoxicidad***

Es un producto no toxico para abejas y aves, ligeramente tóxico para peces y moderadamente tóxico para organismos acuáticos.

### 1.8.8 Instrucciones de uso del fungicida químico *Melaleuca alternifolia*

**Tabla 4-1:** Dosificación del fungicida químico *Melaleuca alternifolia*

| Cultivo                       | Enfermedad  | Dosis l/ha |
|-------------------------------|---|------------|
| Banano<br>( <i>Musa sp.</i> ) | Sigatoka negra<br>( <i>Mycosphaerella fijiensis</i><br>Morelet) | 0,75 – 1,0 |

Fuente: AGRO Activo, 2013.

### 1.8.9 Métodos para preparar y aplicar el producto

#### 1.8.9.1 Aplicación aérea en banano (*Musa sp.*)

Utilizar un volumen de agua entre 18 a 35 litros por hectárea. El equipo de aplicación debe estar provisto de agitadores, picos con filtro y malla 50 µm o de mayor abertura.

#### 1.8.9.2 Contraindicaciones

- Realizar las aplicaciones en las primeras horas de la mañana.
- No se debe aplicar el producto en presencia de lluvia, o cuando exista posibilidad de la misma.

### 1.9 Control biológico en el cultivo de banano (*Musa sp.*)

Castro *et al* (2015), determinaron el uso potencial de un bioproducto a base de *Trichoderma sp.* denominado (Trikofun) para el control de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en campo, los experimentos se llevaron a cabo bajo condiciones de presión de inóculo natural en dos ciclos de cultivo de las plantas de banano (*Musa sp.*, susceptibles a enfermedad) en las plantaciones ecológicas situadas en la granja El Pio IV en la provincia de El Oro, las plantas fueron cultivadas en unidades experimentales de 352 m<sup>2</sup> (63 plantas por parcela) de acuerdo a un diseño de bloques al azar con tres tratamientos (bioproducto, aplicación química y control) y tres repeticiones.

Se presentó una eficacia de control de *Trichoderma sp.* de 18 % en el primer ciclo (aproximadamente la mitad de producto químico) y en el segundo ciclo 24,6%, posiblemente debido a la facilidad que tiene de colonizar estos nichos ecológicos y el potencial para el control de patógenos, la cepa seleccionada para elaboración de Trikofun era de rápido crecimiento “*in vitro*” y pronta esporulación, la aplicación foliar varias veces en el crecimiento por el lado abaxial de la

hoja podría permitir la colonización de nuevas hojas epifitas con una cepa nativa y competitiva, capaz de atacar directamente y provocar la lisis en los micelios de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en condiciones "in vitro", facilitado por las prácticas culturales de granja orgánica redujo la incidencia de la enfermedad en todos los tratamientos. Demostrando el uso potencial de *Trichoderma sp.* para el control biológico y reducción de la contaminación por el uso de pesticidas químicos, recomendando el uso de este producto orgánico Trikofun en la producción de banano (*Musa sp*) como parte de una gestión integrada de la enfermedad en rotación con productos químicos.

#### **1.10 Generalidades del microorganismo *Trichoderma sp.***

Corresponde a la subdivisión deuteromicetes, siendo un hongo anamorfo, anaerobio facultativo, de reproducción asexual (formación de conidios) (Domsch et. a., 1993). Se encuentra en la materia orgánica de los suelos y en residuos de cultivos, al observar su morfología al microscopio se identifican hifas hialinas septadas, conidióforos, fiálides y conidios. Varias especies de *Trichoderma sp.* al reproducirse en medios de cultivo con desfavorables condiciones de pH, fuente de carbono, nutrimentos y humedad, producen clamidosporas (Harman, 1998).

Tiene mecanismos de acción como: la competencia por nutrientes y espacio, ya que compete con otros microorganismos, impidiendo que se desarrollen secretando moléculas llamadas sideróforos, los cuales son quelantes del hierro del medio ambiente, mineral que es necesario para la viabilidad de diversos hongos filamentosos, por lo cual cuando *Trichoderma sp.* absorbe este mineral impide que el hongo fitopatógeno lo utilice, deteniendo así el crecimiento y desarrollo del mismo (Harman, 2006).

La producción de antibióticos y metabolitos (gliotoxina) secundarios tóxicos para otros organismos, los cuales detienen la acción de las toxinas y otros compuestos generados por patógenos. La producción de estos compuestos es estimulada en forma directa por la presencia de un microorganismo patógeno (Harman, 2006).

El hiperparasitismo, se da cuando el microorganismo patógeno produce estímulos que favorece el quimiotropismo de *Trichoderma sp.*, haciendo que las hifas crezcan en esa dirección, hasta ponerse en contacto con el fitopatógeno, para después enrollarse o adherirse sobre las hifas. Para ello

emplea estructuras especializadas llamadas apresorios y haustorios a fin de penetrar la pared celular de los hongos y degradarlos (Harman, 2004).

Provoca hipovirulencia, activando el sistema de defensa de la planta al ponerse en contacto con ella, activando el sistema de resistencia inducida (Harman, 2004).

Degrada agrotóxicos, debido a que secreta hormonas como la celulasa y hemicelulosa que contribuyen a la ruptura de moléculas complejas de productos químicos como los fungicidas.

Promueve el crecimiento vegetal, con el incremento en la tasa de germinación de la semilla, el aumento en el peso seco de la raíz y follaje, y el desarrollo radicular por *Trichoderma sp.* porque acelera el desarrollo de los tejidos meristemáticos primarios, los cuales aumentan la germinación, el volumen, la altura, así como el peso de la planta (Cupull, 2003).

#### ***1.10.1 Las mejores condiciones de crecimiento para *Trichoderma sp.****

Las condiciones que permiten un crecimiento favorable para *Trichoderma sp.* son: una temperatura de 25°C, un pH de 6 a 6.5, humedad relativa de 70%, la principal fuente de carbono que asimila es celulosa, se reproduce rápidamente en medio de cultivo agar para dextrosa (PDA) presentando una apariencia algodonosa que se espesa con el paso del tiempo, cada periodo de esta cepa puede ser identificado cuando su desarrollo se expone a periodos de luz (esporulación con tonalidades verdosas) y oscuridad (blanco algodonoso) (Sánchez, 2009).

#### **1.11 *Trichoderma harzianum* como biofungicida**

Hongo antagonista de patógenos vegetales, se encuentra presente en la mayoría de los suelos. Su crecimiento se ve favorecido por la presencia de raíces de plantas, a las cuales coloniza rápidamente.

##### ***1.11.1 Clasificación taxonómica***

- Orden: *Hypocreales*
- Familia: *Hypocreaceae*
- Género: *Trichoderma*

### ***1.11.2 Características***

Al principio las colonias presentan un tono blanco, que se torna a verde amarillento, con una densa esporulación. Cuando se observa el micelio al microscopio, es de apariencia fina, los conidióforos como un árbol pequeño, ramificado. Su pared celular está compuesta por glucanos y quitina.

### ***1.11.3 Aplicaciones***

Se aplica comercialmente en la producción de enzimas y para la regulación de los fitopatógenos que enferman las plantas.

### ***1.11.4 Modo de acción***

Está asociado a la descomposición de la materia orgánica que hay en el suelo y por el antagonismo con microorganismos patógenos a las plantas, usando procesos de amensalismo, depredación, parasitismo, competición y por su hiperparasitismo.

### ***1.11.5 Ventajas de su aplicación***

- Permite el desarrollo de sistemas radicales sanos, ya que protege a las raíces de enfermedades causadas por *Phythium*, *Rhizoctonia* y *Fusarium*.
- Acrecienta la capacidad de absorción de humedad y nutrientes, además de mejorar las circunstancias en caso de estrés hídrico.
- Compatible con inoculantes de leguminosas y posibilidad de aplicar a semillas que han sufrido un tratamiento fungicida químico.
- Reduce los costos, el uso de fertilizantes y disminuye la necesidad de emplear fungicidas químicos, porque las plantas producen más raíces (Andrade, 2012).

## ***1.12 Trichoderma koningii***

### ***1.12.1 Clasificación taxonómica***

- Familia: *Hypocreaceae*
- Género: *Trichoderma*

- Especie: *Trichoderma koningii*

#### ***1.12.2 Especificaciones***

Tiene la capacidad de colonizar las raíces de las plantas, en cuya interacción se encuentran genes de la familia de las hidrofobinas, las cuales realzan el crecimiento y productividad de las plantas (Viterbo, 2006). Produce factores de crecimiento que incrementan la tasa de germinación de las semillas y la producción de fitohormonas como auxinas, citoquininas y etileno (Benítez *et al.*, 2004). La penetración por este hongo está limitada a la primera o a la segunda capa de células y sólo a los espacios intercelulares de las raíces de las plantas (Viterbo, 2006).

Junto con la producción de fitohormonas, se ha encontrado que la mayoría de las cepas acidifican su ambiente circundante mediante la secreción de ácidos orgánicos tales como ácido cítrico, glucónico o fumárico. Estos ácidos orgánicos son capaces de solubilizar fosfatos, micronutrientes y cationes minerales, lo que resulta en biofertilización mediante la solubilización de minerales y el incremento en la productividad del cultivo (Harman, 2004).

La cepa de *Trichoderma koningii* ha mostrado tener alta actividad biocontroladora contra diferentes hongos fitopatógenos tanto foliares como del suelo (Villamizar, 2004).

#### ***1.12.3 Aspecto macroscópico***

Se distingue por sus colonias que cambian gradualmente de blanco a blanco verdoso por la formación de fialosporas, que en última instancia se tornan de un color verde oscuro opaco (Domsch, 1980), inicialmente se ven como una superficie lisa, pero la formación de esporas aéreas a través del tiempo, permite observarlas ligeramente algodonosas (Rifai, 1969).

#### ***1.12.4 Aspecto microscópico***

Es un hongo imperfecto que posee hifas hialinas septadas y ramificadas a ambos lados sin ser paralelas, conidióforos; sus estructuras de reproducción son los conidios, mientras que sus estructuras de resistencia son las clamidosporas.



#### ***1.12.5 Trichoderma koningii en la solución de problemas fitopatológicos***

De las investigaciones realizadas en el Laboratorio de Control Biológico del Centro de Biotecnología y Bioindustria de CORPOICA utilizando la cepa *Trichoderma koningii*, Saldamando y colaboradores en 1996, llevaron a cabo un estudio cuyo objeto fue la evaluación de una posible alternativa para el control de la enfermedad causada por el hongo *Rhizoctonia solani* en tomate (*Lycopersicon esculentum*) mediante una técnica de pregerminación controlada de semillas aplicando el agente de control biológico *Trichoderma koningii*.

Los resultados obtenidos demostraron la eficacia de la cepa seleccionada como agente de control al aumentar el porcentaje de protección de las semillas tratadas hasta en un 96.46% respecto al control.

#### ***1.13 Trichoderma viride***

Hongo filamentoso que se distribuye en el suelo, plantas, vegetación muerta y madera, anaerobio facultativo.

##### ***1.13.1 Clasificación taxonómica***

- Familia: Hypocreaceae
- Género: *Trichoderma*
- Especie: *Trichoderma viride*

##### ***1.13.2 Características macroscópicas***

Las colonias crecen rápidamente y esporulan en 5 días a 30°C en Agar glucosado de Sabouraud, Agar papa dextrosa y Agar malta. Son algodonosas al inicio y luego se compactan y esporulan tomando color verde de textura granular formando parches concéntricos.

##### ***1.13.3 Características microscópicas***

Presenta conidios, hialinas septadas, fiálides y conidióforos.

#### ***1.13.4 Forma de acción***

Hongo usado como fungicida biológico, estimulador del crecimiento en plantas y utilizado como agente de biorremediación ya que degrada algunos grupos de pesticidas de alta persistencia en el ambiente.

Puede desarrollarse en una amplia gama de sustratos, lo cual facilita su producción masiva para uso en la agricultura. Su gran tolerancia a condiciones ambientales extremas y a hábitats donde los hongos causan enfermedad le permiten ser eficiente agente de control, de igual forma puede sobrevivir en medios con conidios significativos de pesticidas y otros químicos.

#### ***1.13.5 Uso***

Se utiliza como biocontrolador y estimulador de crecimiento (BIOCULTIVOS SA, 2014).

#### ***1.13.6 Recomendaciones de uso***

- Aplicar de forma preventiva o curativa como fungicida vía foliar, tratamiento de plántulas para el trasplante, tratamiento de semillas, siembra en almaciguera y aplicación al cuello de planta.
- Aplicar al cuello de las plántulas para estimular el desarrollo de la cabellera radicular y prevenir pudriciones radiculares.
- Puede ser aplicado al suelo como biorremediador.
- Las aplicaciones al follaje deben realizarse preferentemente por la tarde, para evitar la radiación solar que puede afectar la viabilidad *Trichoderma viride*, o hacerlo por las mañanas cuando los días son nublados (PROYECTO CHAVIMOCHIC, 2013).

## **CAPITULO II**

### **2. METODOLOGIA**

#### **2.1 Tipo y diseño de investigación**

Por el tipo de investigación: Aplicada, debido a que se persiguió un fin inmediato. Se planteó determinar la tolerancia de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* frente a cinco fungicidas químicos a nivel de laboratorio para proponer un sistema integrado en el control de problemas fitosanitarios en los cultivos de banano.

Por la temporalidad: Longitudinal, porque los datos fueron recolectados en periodos determinados, para deducir la relación de la variación del crecimiento radial de los micelios como consecuencia de la tolerancia a los fungicidas químicos.

Por el tipo de enfoque: Cuantitativo, se recaudó datos físicos, desde diciembre del 2014 a febrero del 2015, lo que permitió hacer el análisis estadístico respectivo.

Por el diseño de investigación: Experimental.

#### **2.2 Diseño experimental**

Se utilizó un diseño completo al azar (DCA) que constó de 76 tratamientos y 3 repeticiones para la determinación de la tolerancia de *Trichoderma sp.* frente a los cinco fungicidas químicos ensayados (Tabla 5-2).

**Tabla 5-2:** Código y descripción de los tratamientos realizados en la determinación de la tolerancia del microorganismo *Trichoderma sp.* a los cinco fungicidas químicos ensayados

| N° Tratamiento | Códigos                        | Descripción Tratamiento  |
|----------------|--------------------------------|--|
| 1              | T <sub>1</sub> Md <sub>1</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 1 (1,6 ppm) |
| 2              | T <sub>1</sub> Md <sub>2</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 2 (3,2 ppm) |
| 3              | T <sub>1</sub> Md <sub>3</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 3 (6,4 ppm) |
| 4              | T <sub>1</sub> Fd <sub>1</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Fenpropimorf. Dosis 1 (0,1 ppm)                   |
| 5              | T <sub>1</sub> Fd <sub>2</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Fenpropimorf. Dosis 2 (0,3 ppm)                   |
| 6              | T <sub>1</sub> Fd <sub>3</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Fenpropimorf. Dosis 3 (0,52 ppm)                  |
| 7              | T <sub>1</sub> Td <sub>1</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Trifloxystrobin Dosis 1 (0,047 ppm)               |
| 8              | T <sub>1</sub> Td <sub>2</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Trifloxystrobin. Dosis 2 (0,094 ppm)              |
| 9              | T <sub>1</sub> Td <sub>3</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Trifloxystrobin. Dosis 3 (0,188 ppm)              |
| 10             | T <sub>1</sub> Dd <sub>1</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Difenconazole. Dosis 1 (0,094 ppm)                |
| 11             | T <sub>1</sub> Dd <sub>2</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Difenconazole. Dosis 2 (0,1875 ppm)               |
| 12             | T <sub>1</sub> Dd <sub>3</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Difenconazole. Dosis 3 (0,375 ppm)                |
| 13             | T <sub>1</sub> Ed <sub>1</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Epoxiconazol. Dosis 1 (0,244 ppm)                 |
| 14             | T <sub>1</sub> Ed <sub>2</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Epoxiconazol. Dosis 2 (0,487 ppm)                 |
| 15             | T <sub>1</sub> Ed <sub>3</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Epoxiconazol. Dosis 3 (0,975 ppm)                 |
| -              | -                              | -  |
| -              | -                              | -  |
| -              | -                              | -  |
| 61             | T <sub>5</sub> Md <sub>1</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 1 (1,6 ppm)      |
| 62             | T <sub>5</sub> Md <sub>2</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 2 (3,2 ppm)      |
| 63             | T <sub>5</sub> Md <sub>3</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 3 (6,4 ppm)      |
| 64             | T <sub>5</sub> Fd <sub>1</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Fenpropimorf. Dosis 1 (0,1 ppm)                        |
| 65             | T <sub>5</sub> Fd <sub>2</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Fenpropimorf. Dosis 2 (0,3 ppm)                        |
| 66             | T <sub>5</sub> Fd <sub>3</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Fenpropimorf. Dosis 3 (0,52 ppm)                       |
| 67             | T <sub>5</sub> Td <sub>1</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Trifloxystrobin. Dosis 1 (0,047 ppm)                   |
| 68             | T <sub>5</sub> Td <sub>2</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Trifloxystrobin. Dosis 2 (0,094 ppm)                   |
| 69             | T <sub>5</sub> Td <sub>3</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Trifloxystrobin. Dosis 3 (0,188 ppm)                   |
| 70             | T <sub>5</sub> Dd <sub>1</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Difenconazole. Dosis 1 (0,094 ppm)                     |
| 71             | T <sub>5</sub> Dd <sub>2</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Difenconazole. Dosis 2 (0,1875 ppm)                    |
| 72             | T <sub>5</sub> Dd <sub>3</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Difenconazole. Dosis 3 (0,375 ppm)                     |
| 73             | T <sub>5</sub> Ed <sub>1</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Epoxiconazol. Dosis 1 (0,244 ppm)                      |
| 74             | T <sub>5</sub> Ed <sub>2</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Epoxiconazol. Dosis 2 (0,487 ppm)                      |
| 75             | T <sub>5</sub> Ed <sub>3</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Epoxiconazol. Dosis 3 (0,975 ppm)                      |
| 76             | T <sub>e</sub>                 | Testigo (sin fungicida)  |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

## 2.3 Unidad de análisis

- 5 Cepas del microorganismo *Trichoderma sp.*

## **2.4 Población de estudio**

La población corresponde a 2 cepas del microorganismo *Trichoderma harzianum*, 1 cepa del microorganismo *Trichoderma koningii* y 2 cepas del microorganismo *Trichoderma viride*, procedentes del Banco de Cepas del Departamento de Sanidad Vegetal sección Fitopatología de la Facultad de Recursos Naturales de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

## **2.5 Tamaño de muestra**

228 unidades con los distintos medios de cultivo.

## **2.6 Selección de muestra**

### **2.6.1 Material biológico**

El material biológico está conformado por 1 cepa del microorganismo *Trichoderma harzianum* Pasaje, 1 cepa del microorganismo *Trichoderma koningii* TJM, 1 cepa del microorganismo *Trichoderma harzianum* Ca36-3, 1 cepa del microorganismo *Trichoderma viride* Tung y 1 cepa del microorganismo *Trichoderma viride* Ju27, procedentes de las localidades de Hcda. Pío IV, Hcda. Grupo Marún, Cajabamba – Chimborazo, Tungurahua y San Juan - Chimborazo, pertenecientes al Banco de Cepas del Departamento de Sanidad Vegetal, sección Fitopatología de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH.

## **2.7 Técnicas de recolección de datos**

### **2.7.1 Fase de laboratorio**

- Evaluación del crecimiento de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.*
- Determinación de la tolerancia del microorganismo *Trichoderma sp.* a los fungicidas químicos *Melaleuca alternifolia*, fenpropimorf, trifloxystrobin, difenoconazole y epoxiconazol.
- Determinación de la Dosis Eficaz 50 de los fungicidas químicos *Melaleuca alternifolia*, fenpropimorf, trifloxystrobin, difenoconazole y epoxiconazol sobre el microorganismo *Trichoderma sp.*

### **2.7.2 Tratamiento estadístico de los datos**

- Planteamiento de hipótesis
- Análisis de varianza.
- Pruebas de separación de medias mediante Tukey al 5%.
- Análisis de regresión y correlación lineal para la determinación de la Dosis efectiva 50 (DE<sub>50</sub>).

## **2.8 Mecanismos**

### **2.8.1 Planteamiento de hipótesis**

Ho: Al menos un producto es compatible con *Trichoderma sp.*

Hμ: Todos los productos no son compatibles con *Trichoderma sp.*

### **2.8.2 Evaluación del crecimiento de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.***

- Del Banco de cepas del Departamento de Sanidad Vegetal, sección Fitopatología de la Facultad de Recursos Naturales de la ESPOCH, se tomó cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* provenientes de las localidades de Hcda. Pío IV, Hcda. Grupo Marún, Cajabamba-Chimborazo, Tungurahua y San Juan-Chimborazo, de cada una de ellas con ayuda de un sacabocados, se retiró un disco de 4 mm de diámetro con micelio joven, para inocular al centro de cada una de las cajas petri que contenía aproximadamente 15 ml de PDA de pH 5. Se incubó el microorganismo a una temperatura de  $27^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$ .
- Se registró el crecimiento radial de las colonias en esquemas elaborados, cuyos valores fueron expresados en mm. Los datos se recolectaron en periodos de 24 horas durante 48 horas.
- Se utilizó el código T para identificar a *Trichoderma sp.* acompañado de un dígito que indica la localidad de la cual proviene (tabla 6-2).
- Para cada prueba se realizaron tres repeticiones.

**Tabla 6-2:** Códigos y procedencia de las cepas del microorganismo *Trichoderma sp.*

| Tratamiento    | Código       | Cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> | Localidad            |
|----------------|--------------|---|----------------------|
| T <sub>1</sub> | CCECH-Pasaje | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje             | Hcda. Pío IV         |
| T <sub>2</sub> | CCECH-TJM    | <i>Trichoderma koningii</i> TJM                 | Hcda. Grupo Marún    |
| T <sub>3</sub> | CCECH-Ca36-3 | <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3             | Cajabamba-Chimborazo |
| T <sub>4</sub> | CCECH-Tung   | <i>Trichoderma viride</i> Tung                  | Tungurahua           |
| T <sub>5</sub> | CCECH-Ju27   | <i>Trichoderma viride</i> Ju27                  | San Juan-Chimborazo  |

Realizado por: Pasmiño, M., 2015

### 2.8.3 Determinación de la tolerancia de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* a cinco fungicidas químicos

- Se preparó las tres dosis para cada fungicida químico en soluciones acuosas concentradas de 50 ml de fungicida dosificado para un volumen final de 250 ml.
- Posteriormente se mezclaron cada una de las soluciones preparadas en 200 ml de medio PDA disuelto en agua previamente esterilizado, llegando el medio de cultivo a contener cada una de las dosis de fungicida en partes por millón (Tabla 7-2).

**Tabla 7-2:** Dosis de los fungicidas químicos ensayados en la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma sp.*

| Dosis en ppm fungicida químico | d <sub>1</sub><br>Dosis baja | d <sub>2</sub><br>Dosis media | d <sub>3</sub><br>Dosis alta |
|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| <i>Melaleuca alternifolia</i>  | 1,6                          | 3,2                           | 6,4                          |
| Fenpropimorf                   | 0,1                          | 0,3                           | 0,52                         |
| Trifloxystrobin                | 0,047                        | 0,094                         | 0,188                        |
| Difenoconazole                 | 0,094                        | 0,1875                        | 0,375                        |
| Epoxiconazol                   | 0,244                        | 0,487                         | 0,975                        |

Realizado por: Pasmiño, M., 2015

- Se distribuyó cada una de las mezclas anteriores en 15 cajas petri debidamente codificadas, se dejó solidificar el medio y se incorporó al centro de cada una de las cajas petri un disco de 4 mm de diámetro de cada una de las cinco cepas de *Trichoderma sp.* agente biológico purificado.
- Para la incorporación de disco del microorganismo se seleccionó a aquellos que se encontraban en la periferia de la caja Petri, se incubaron las cajas a una temperatura de 27±1 °C.

- Cada 3 días se midió el crecimiento del micelio en todos los tratamientos de las dosis respectivas hasta los 9 días.
- Se calculó mediante análisis de regresión lineal la dosis eficaz 50 que quiere decir la capacidad que tiene el producto de inhibir el crecimiento del 50% del micelio del hongo.



## CAPITULO III

### 3 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1. Análisis, interpretación y discusión de resultados

##### 3.1.1. Evaluación del crecimiento de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.*

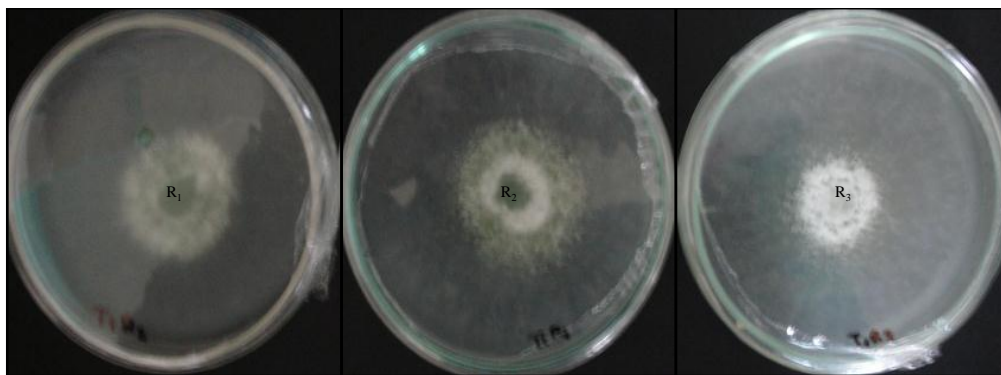
##### 3.1.1.1. Ritmo de crecimiento radial del microorganismo *Trichoderma sp.* a las 24 horas

**Tabla 8-3:** Resultados prueba de evaluación del crecimiento radial del microorganismo *Trichoderma sp.* a 24 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

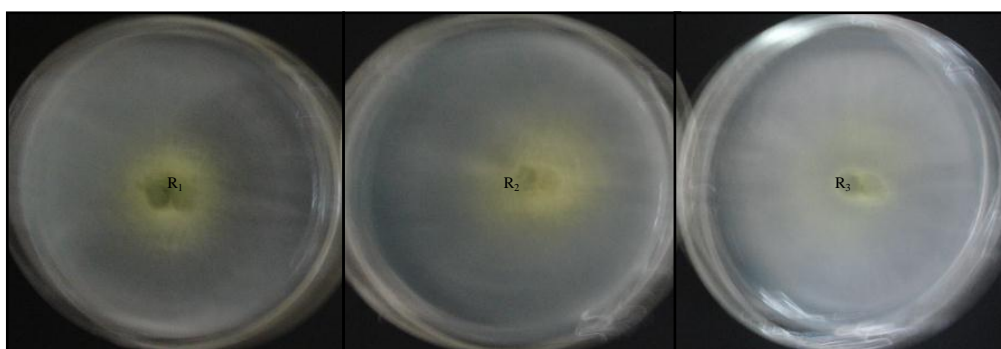
| Tratamientos   | Código       | R <sub>1</sub><br>(mm) | R <sub>2</sub><br>(mm) | R <sub>3</sub><br>(mm) | X<br>CRECIMIENTO RADIAL (mm) |
|----------------|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| T <sub>1</sub> | CCECH-Pasaje | 17,00                  | 19,50                  | 18,25                  | 18,25                        |
| T <sub>2</sub> | CCECH-TJM    | 22,00                  | 25,00                  | 22,50                  | 23,17                        |
| T <sub>3</sub> | CCECH-Ca36-3 | 13,75                  | 16,75                  | 13,75                  | 14,75                        |
| T <sub>4</sub> | CCECH-Tung   | 19,50                  | 23,00                  | 20,50                  | 21,00                        |
| T <sub>5</sub> | CCECH-Ju27   | 124,00                 | 22,67                  | 23,00                  | 23,22                        |

Realizado por: Pasmiño, M., 2015

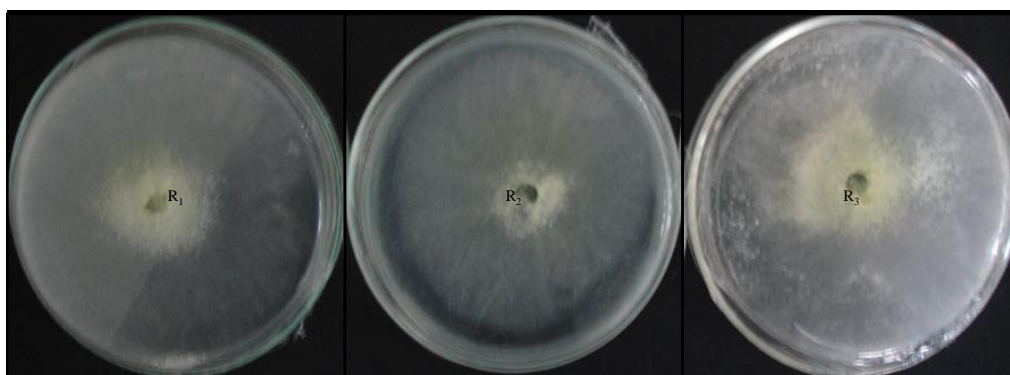
En la prueba de evaluación del crecimiento radial del microorganismo *Trichoderma sp.* a 24 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ , se observó que las cepas codificadas como CCECH-Pasaje, CCECH-TJM, CCECH-Ca36-3, CCECH-Tung y CCECH-Ju27, presentaron medias de crecimiento radial de 18,25 mm (Figura 2-3), 23,17 mm (Figura 3-3), 14,75 mm (Figura 4-3), 21,00 mm (Figura 5-3) y 23,22 mm (Figura 6-3), respectivamente, siendola cepa CCECH-Ca36-3 la más lenta en crecimiento y la cepa CCECH-Ju27 la de mayor velocidad de crecimiento (Tabla 8-3).



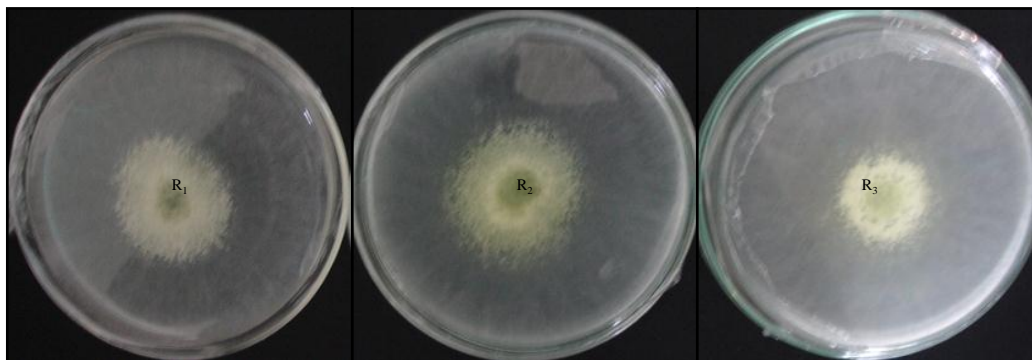
**Figura 1-3:** Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo *Trichoderma harzianum*  
Pasaje a 24 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .  
Realizado por: Pasmíño, M., 2015



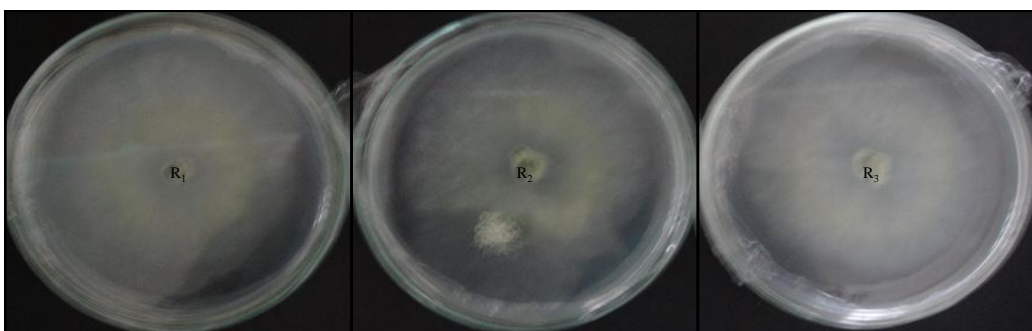
**Figura 2-3:** Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo *Trichoderma koningii* TJM a  
24 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .  
Realizado por: Pasmíño, M., 2015



**Figura 3-3:** Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo *Trichoderma harzianum*  
Ca36-3 a 24 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .  
Realizado por: Pasmíño, M., 2015



**Figura 4-3:** Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo *Trichoderma viride* Tung a 24 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .  
Realizado por: Pasmíño, M., 2015



**Figura 5-3:** Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo *Trichoderma viride* Ju27 a 24 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .  
Realizado por: Pasmíño, M., 2015

De acuerdo con el análisis de varianza para el ritmo de crecimiento radial de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* a 24 horas de incubación a una temperatura de  $27 \pm 1^\circ\text{C}$  existen diferencias altamente significativas al 5% en los tratamientos. Se determinó un coeficiente de variación de 7,35% (Tabla 9-3).

**Tabla 9-3:** Análisis de varianza para el ritmo de crecimiento radial de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* a 24 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

| Fuentes de variación | Grados de libertad | Suma de cuadrados | Cuadrado medio | F calculado |
|----------------------|--------------------|-------------------|----------------|-------------|
| Tratamiento          | 4                  | 156,037           | 39,009         | 17,934**    |
| Error                | 10                 | 21,751            | 2,175          |             |
| Total                | 14                 | 177,788           |                |             |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

**Coeficiente de variación:** 7,35%

**Media general:** 20,078 mm

**\*\*Diferencias altamente significativas**

De acuerdo a la prueba de Tukey al 5% (Tabla 10-3), nosotros tenemos la presencia de cuatro rangos, ubicándose en primer lugar la cepa T<sub>5</sub> (CCECH-Ju27) *Trichoderma viride* JU27y T<sub>2</sub> (CCECH-TJM) *Trichoderma koningii* TJM con una media de 23,22 mm y 23,17 mm respectivamente, que son las que tuvieron el mejor crecimiento, estos datos son similares a los reportados por Flores (2015), quien señala que la cepa T<sub>5</sub> procedente de San Juan Chimborazo y T<sub>2</sub>procedente de la Hcda. Grupo Marún tuvieron el mayor crecimiento radial, y de igual manera señalan que la cepa T<sub>3</sub>(CCECH-Ca36-3) *Trichoderma harzianum* Ca36-3 procedente de Cajabamba Chimborazo se ubicó en el último lugar de crecimiento con un valor promedio de crecimiento radial correspondiente a 14,75 mm (Figura 1-3), esto se debe posiblemente a que a pesar de que las cepas pertenecientes a esta especie generalmente son de crecimiento rápido, al presentarse una velocidad de crecimiento lento no significa que no puedan tener un buen potencial antagónico (CUNDOM, *et al.*, 2002), también es importante considerar sus características como la capacidad de esporulación, morfología, tipo y tasa de crecimiento radial (SAMUELS, 2006).

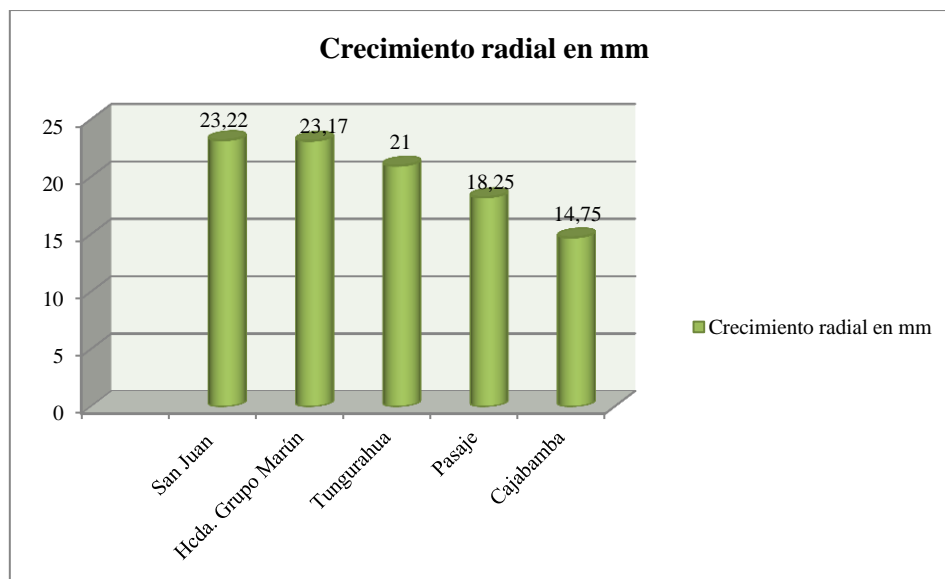
Cobos, G. 2010, comprobó que el mejor control antagónico *Trichoderma sp.* en fase de laboratorio contra el patógeno *Paracercospora fijiensis* Morelet se obtuvo con los tratamientos T<sub>4</sub>, T<sub>9</sub> Y T<sub>11</sub> correspondientes a las cepas recolectadas en las localidades de Pasaje, Machala y Bonanza, estos tratamientos presentaron diferencias significativas entre 84% y 90%.

**Tabla 10-3:** Prueba de Tukey al 5% para el ritmo de crecimiento radial de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* a 24 horas de incubación a 27±1°C.

| Tratamientos   | Código       | X<br>Crecimiento radial (mm) | Rango |
|----------------|--------------|------------------------------|-------|
| T <sub>5</sub> | CCECH-Ju27   | 23,22                        | A     |
| T <sub>2</sub> | CCECH-TJM    | 23,17                        | A     |
| T <sub>4</sub> | CCECH-Tung   | 21,00                        | AB    |
| T <sub>1</sub> | CCECH-Pasaje | 18,25                        | B     |
| T <sub>3</sub> | CCECH-Ca36-3 | 14,75                        | C     |

Realizado por: Pasmiño, M., 2015

Medias seguidas de la misma letra no difieren significativamente.



**Figura 6-3:** Prueba de evaluación del ritmo de crecimiento radial en milímetros de las cinco cepas de *Trichoderma sp.* a 24 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .  
Realizado por: Pasmíño, M., 2015

#### 3.1.1.2. Ritmo de crecimiento radial del microorganismo *Trichoderma sp.* a las 48 horas

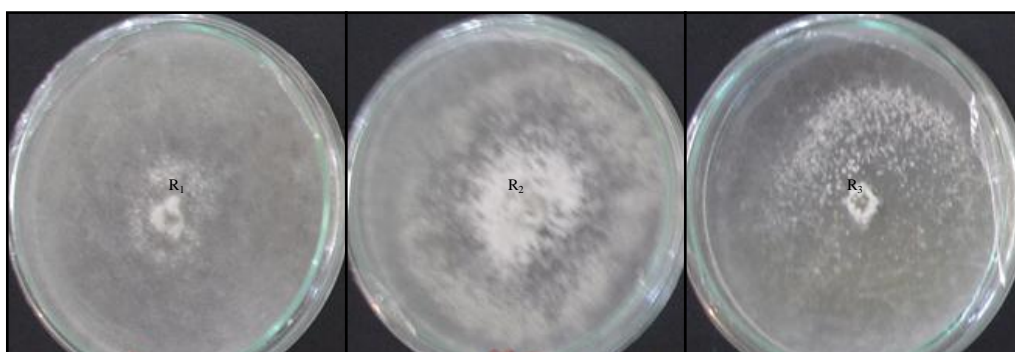
A las 48 horas de incubación todas las cepas del antagonista *Trichoderma sp.* (Figuras 7-3, 8-3, 9-3, 10-3 y 11-3) presentaron su máximo crecimiento, extendiendo su micelio cubriendo la superficie de la caja Petri de 90 milímetros de diámetro (tabla 11-3), resultado que coincide con los mencionados en la investigación de Flores (2015).

Esto se debe posiblemente a que, las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* consumieron el sustrato del medio de cultivo PDA y lo colonizaron a través de diferentes rutas metabólicas, una parte del sustrato lo utilizaron para su crecimiento y en la síntesis del producto, mientras que otra parte la emplearon para generar la energía necesaria para las actividades de mantenimiento del hongo (Doran, P., 1998).



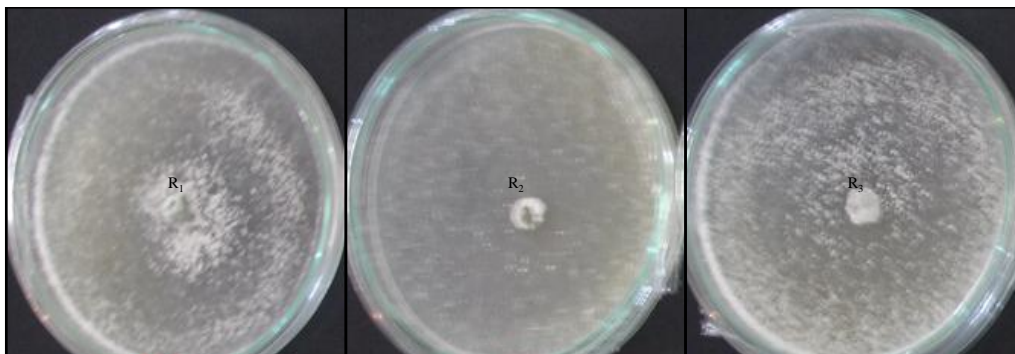
**Figura 7-3:** Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo *Trichoderma harzianum* Pasaje a 48 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

**Realizado por:** Pasmíño, M., 2015



**Figura 8-3:** Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo *Trichoderma koningii* TJM a 48 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

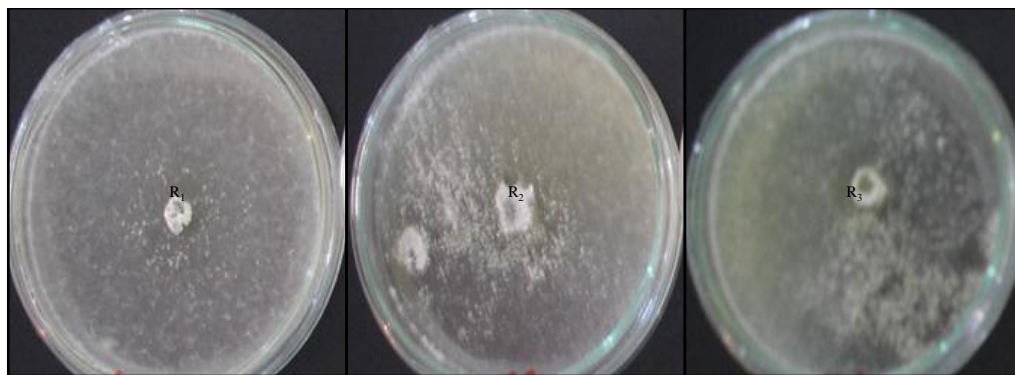
**Realizado por:** Pasmíño, M., 2015



**Figura 9-3:** Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo *Trichoderma harzianum* Ca36-3 a 48 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

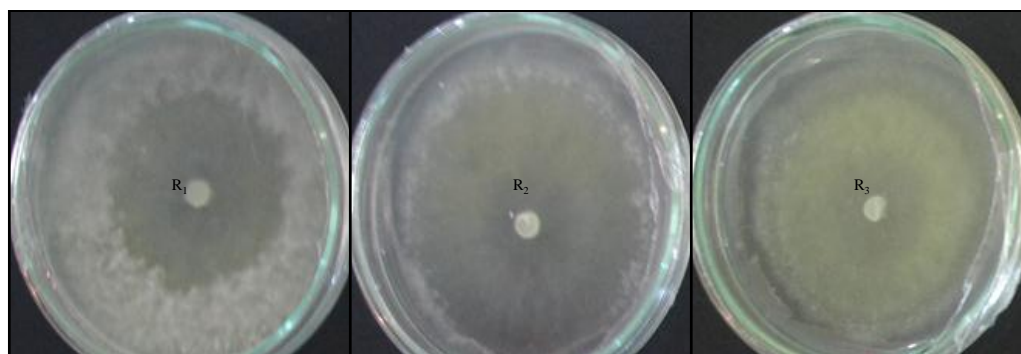
**Realizado por:** Pasmíño, M., 2015





**Figura 10-3:** Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo *Trichoderma viride* Tung a 48 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Realizado por: Pasmiño, M., 2015



**Figura 11-3:** Prueba de evaluación del crecimiento del microorganismo *Trichoderma viride* Ju27 a 48 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Realizado por: Pasmiño, M., 2015

**Tabla 11-3:** Resultados de la prueba de evaluación del ritmo de crecimiento radial del microorganismo *Trichoderma sp.* a las 48 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

| Tratamiento    | Código       | R <sub>1</sub><br>(mm) | R <sub>2</sub><br>(mm) | R <sub>3</sub><br>(mm) | X<br>Crecimiento Radial (mm) |
|----------------|--------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------------|
| T <sub>1</sub> | CCECH-Pasaje | 45                     | 45                     | 45                     | 45                           |
| T <sub>2</sub> | CCECH-TJM    | 45                     | 45                     | 45                     | 45                           |
| T <sub>3</sub> | CCECH-Ca36-3 | 45                     | 45                     | 45                     | 45                           |
| T <sub>4</sub> | CCECH-Tung   | 45                     | 45                     | 45                     | 45                           |
| T <sub>5</sub> | CCECH-Ju27   | 45                     | 45                     | 45                     | 45                           |

Realizado por: Pasmiño, M., 2015

### 3.1.2. Determinación de la tolerancia de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* a cinco fungicidas químicos

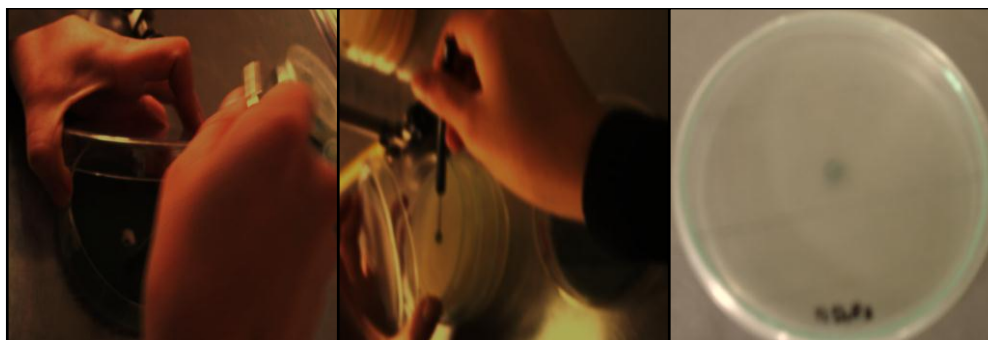
**Tabla 12-3:** Resultados de la prueba de tolerancia de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* frente a cinco fungicidas químicos a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

| Fungicida químico                 | Dosis          | Medida del crecimiento radial del micelio (mm) |                |                |                |                |                   |
|-----------------------------------|----------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|-------------------|
|                                   |                | T <sub>1</sub>                                 | T <sub>2</sub> | T <sub>3</sub> | T <sub>4</sub> | T <sub>5</sub> | Compatibilidad    |
| <i>Melaleuca alternifolia</i> (M) | d <sub>1</sub> | 2,00   | 2,00           | 2,00           | 2,00           | 2,00           | (-) No Compatible |
|                                   | d <sub>2</sub> | 2,00   | 2,00           | 2,00           | 2,00           | 2,00           | (-) No Compatible |
|                                   | d <sub>3</sub> | 2,00   | 2,00           | 2,00           | 2,00           | 2,00           | (-) No Compatible |
| Fenpropimorf(F)                   | d <sub>1</sub> | 2,00   | 2,00           | 2,00           | 2,00           | 2,00           | (-) No Compatible |
|                                   | d <sub>2</sub> | 2,00   | 2,00           | 2,00           | 2,00           | 2,00           | (-) No Compatible |
|                                   | d <sub>3</sub> | 2,00   | 2,00           | 2,00           | 2,00           | 2,00           | (-) No Compatible |
| Trifloxystrobin(T)                | d <sub>1</sub> | 45,00  | 45,00          | 45,00          | 45,00          | 45,00          | (+) Compatible    |
|                                   | d <sub>2</sub> | 45,00  | 45,00          | 45,00          | 45,00          | 45,00          | (+) Compatible    |
|                                   | d <sub>3</sub> | 45,00  | 45,00          | 45,00          | 45,00          | 45,00          | (+) Compatible    |
| Difenoconazole(D)                 | d <sub>1</sub> | 2,00   | 2,00           | 2,00           | 2,00           | 2,00           | (-) No Compatible |
|                                   | d <sub>2</sub> | 2,00   | 2,00           | 2,00           | 2,00           | 2,00           | (-) No Compatible |
|                                   | d <sub>3</sub> | 2,00   | 2,00           | 2,00           | 2,00           | 2,00           | (-) No Compatible |
| Epoconazol(E)                     | d <sub>1</sub> | 2,00   | 2,00           | 2,00           | 2,00           | 2,00           | (-) No Compatible |
|                                   | d <sub>2</sub> | 2,00   | 2,00           | 2,00           | 2,00           | 2,00           | (-) No Compatible |
|                                   | d <sub>3</sub> | 2,00   | 2,00           | 2,00           | 2,00           | 2,00           | (-) No Compatible |
| Testigo (Sin fungicida)           | -              | 45,00  | 45,00          | 45,00          | 45,00          | 45,00          |                   |

Realizado por: Pasmiño, M., 2015

De acuerdo a la tabla 12-3, los fungicidas químicos *Melaleuca alternifolia*, fenpropimorf, difenoconazole y epoconazol en las tres dosis suministradas, presentaron una respuesta negativa a las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* con una media de crecimiento radial de 2,00 mm, sin embargo con el fungicida trifloxystrobin se observó compatibilidad en los cinco tratamientos aplicados con un valor de 45,00 mm de crecimiento del micelio (Figura 12-3).





**Figura 12-3:** Prueba de tolerancia de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* a cinco fungicidas químicos partiendo del disco de 4mm.

**Realizado por:** Pasmiño, M., 2015

### 3.1.2.1. Determinación de la tolerancia de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* al fungicida químico *Melaleuca alternifolia*

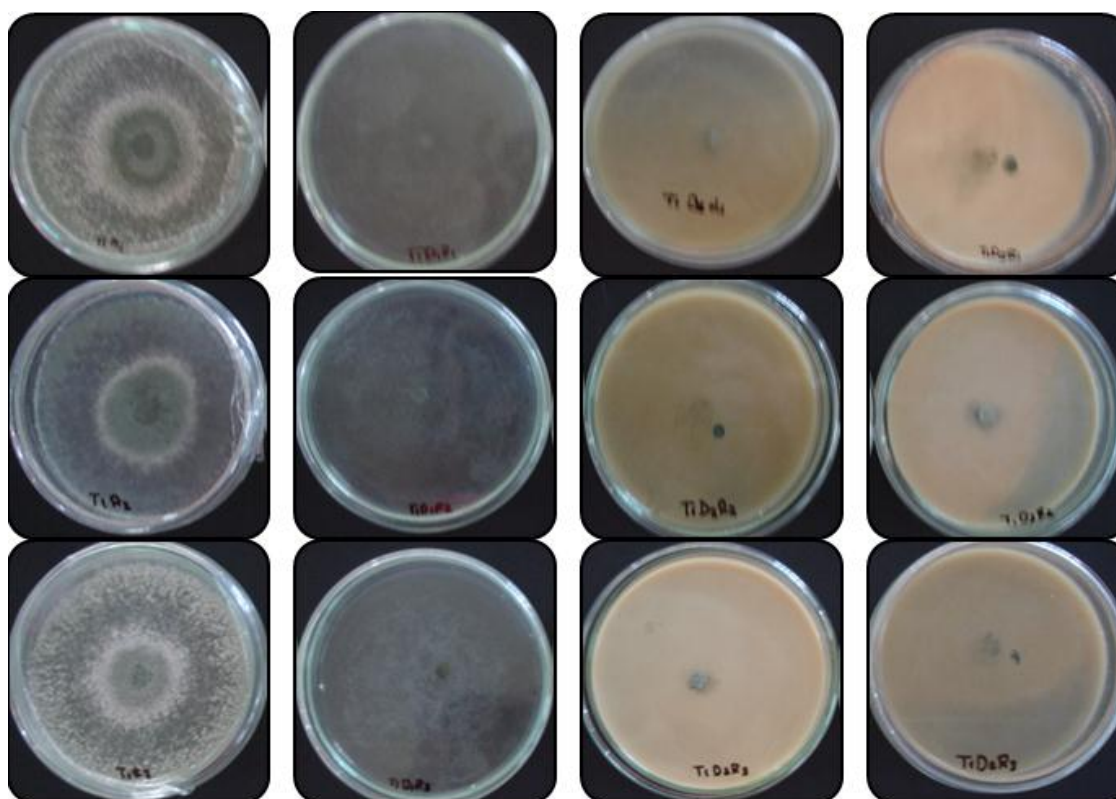
De acuerdo al análisis de varianza para la determinación de la tolerancia de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* frente al fungicida químico *Melaleuca alternifolia* (Timorex Gold) a 72 horas de incubación, encontramos que no existen diferencias significativas entre los tratamientos, determinándose un coeficiente de variación de 0,00%.

Por tanto se determinó que las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* no toleran al fungicida químico *Melaleuca alternifolia* en ninguna de las tres dosis suministradas (1,6, 3,2 y 6,4 ppm) (Tablas 13-3, 14-3, 15-3, 16-3 y 17-3) ya que en ninguno de los tratamientos se presentó crecimiento del micelio del microorganismo (Figuras 13-3, 14-3, 15-3, 16-3 y 16-3), este resultado debe posiblemente que el fungicida químico *Melaleuca alternifolia* es un aceite esencial que produce un efecto inhibitorio en microorganismos ya que contiene entre sus múltiples componentes los compuestos fenólicos, que sensibilizan la bicapa fosfolípida de la membrana citoplasmática, ocasionando un incremento en la permeabilidad y la no disponibilidad de constituyentes intracelulares vitales. Actualmente se demostró que el efecto antimicrobiano de los constituyentes de los aceites esenciales depende de su hidrofobicidad y partición en la membrana plasmática microbiana, entre otros. Tiene relación con la adición de iones específicos en o sobre la membrana, que tiene un efecto marcado, sobre el movimiento de los protones, el contenido de ATP intracelular y toda la actividad de la célula microbiana, incluyendo el transporte de soluto y la regulación del metabolismo (Mohamed A. *et al*, 2011)

**Tabla13-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Pasaje frente al fungicida químico *Melaleuca alternifolia* a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> (ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. harzianum</i> Pasaje (mm) |
|-------------------------|---|---|
| Testigo (sin fungicida) | 0   | 45,00   |
| d <sub>1</sub>          | 1,6   | 2,00  |
| d <sub>2</sub>          | 3,2   | 2,00  |
| d <sub>3</sub>          | 6,4   | 2,00  |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015



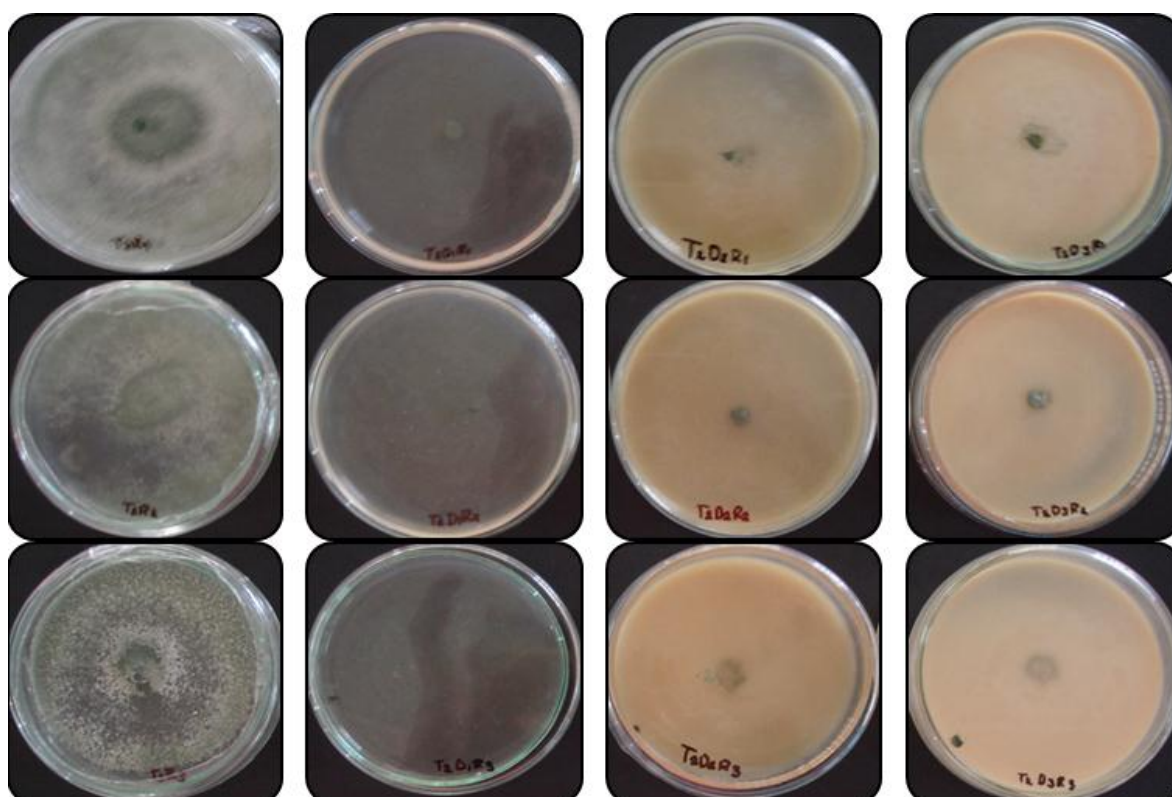
**Figura 13-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Pasaje frente al fungicida químico *Melaleuca alternifolia* a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

**Tabla14-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma koningii* TJM frente al fungicida químico *Melaleuca alternifolia* a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> (ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. koningii</i> TJM (mm) |
|-------------------------|---|---|
| Testigo (sin fungicida) | 0   | 45,00   |
| d <sub>1</sub>          | 1,6   | 2,00  |
| d <sub>2</sub>          | 3,2   | 2,00  |
| d <sub>3</sub>          | 6,4   | 2,00  |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015



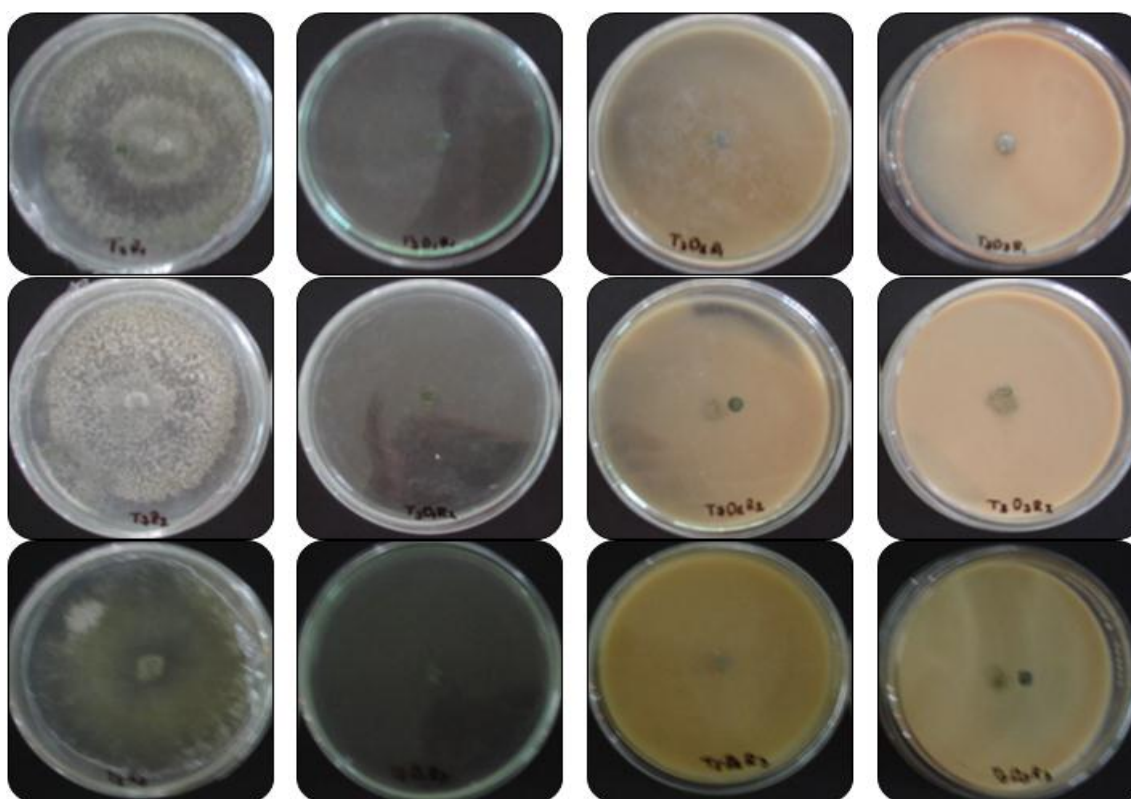
**Figura 14-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma koningii* TJM frente al fungicida químico *Melaleuca alternifolia* a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

**Tabla 15-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Ca36-3 frente al fungicida químico *Melaleuca alternifolia* a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> (ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. harzianum</i> Ca36-3 (mm) |
|-------------------------|---|---|
| Testigo (sin fungicida) | 0   | 45,00   |
| d <sub>1</sub>          | 1,6   | 2,00  |
| d <sub>2</sub>          | 3,2   | 2,00  |
| d <sub>3</sub>          | 6,4   | 2,00  |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015



**Figura 15-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Ca36-3 frente al fungicida químico *Melaleuca alternifolia* a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

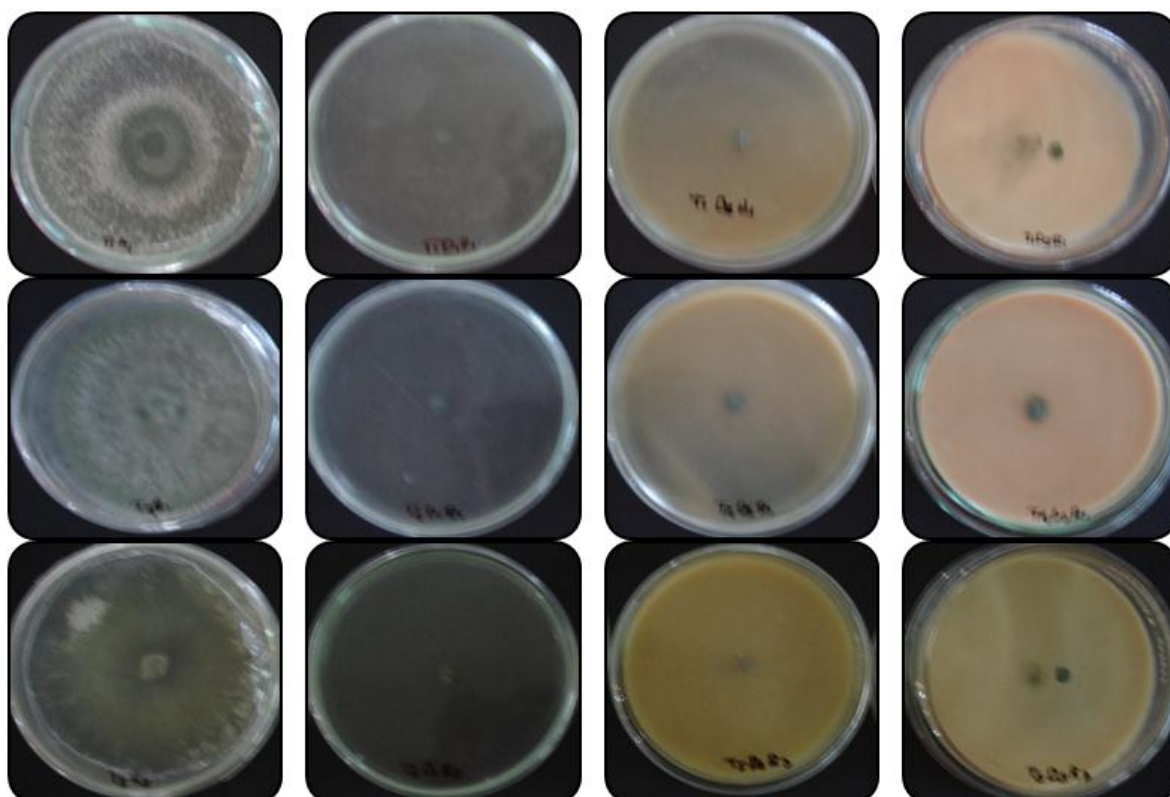
Realizado por: Pasmíño, M., 2015



**Tabla16-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma viride* Tung frente al fungicida químico *Melaleuca alternifolia* a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> (ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. viride</i> Tung (mm) |
|-------------------------|---|--|
| Testigo (sin fungicida) | 0   | 45,00  |
| d <sub>1</sub>          | 1,6   | 2,00   |
| d <sub>2</sub>          | 3,2   | 2,00   |
| d <sub>3</sub>          | 6,4   | 2,00   |

Realizado por: Pasmiño, M., 2015



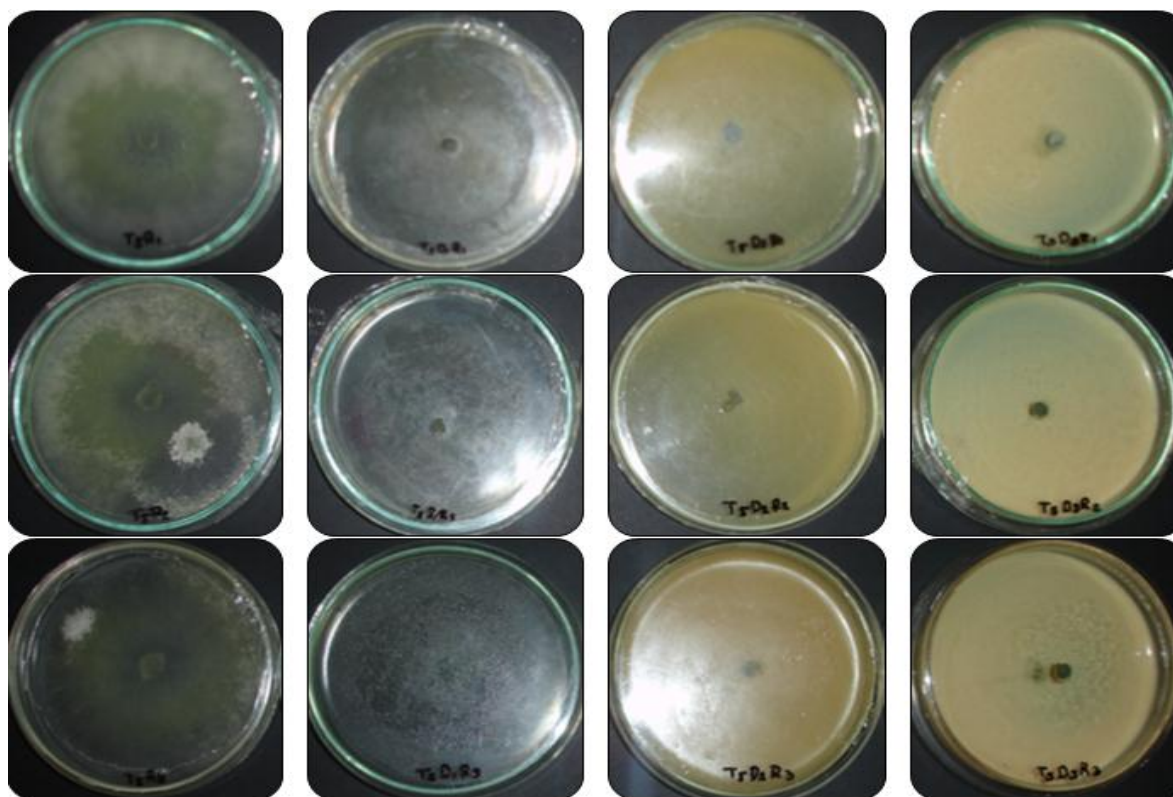
**Figura16-3:** Tolerancia del microorganismo a *Trichoderma viride* Tung frente al fungicida químico *Melaleuca alternifolia* a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Realizado por: Pasmiño, M., 2015

**Tabla 17-3:** Resultados de la prueba de tolerancia de *Trichoderma viride* Ju27 frente al fungicida químico *Melaleuca alternifolia* a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^\circ\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> (ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. viride</i> Ju27 (mm) |
|-------------------------|---|--|
| Testigo (sin fungicida) | 0   | 45,00  |
| d <sub>1</sub>          | 1,6   | 2,00   |
| d <sub>2</sub>          | 3,2   | 2,00   |
| d <sub>3</sub>          | 6,4   | 2,00   |

Realizado por: Pasmiño, M., 2015



**Figura 17-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma viride* Ju27 frente al fungicida químico *Melaleuca alternifolia* a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^\circ\text{C}$ .

Realizado por: Pasmiño, M., 2015

### 3.1.2.2. Determinación de la tolerancia de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma* sp. al fungicida químico fenpropimorf

Resultados expresados en el análisis de varianza para la determinación de la tolerancia de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma* sp. frente al fungicida químico fenpropimorf (Volley) a 72

horas de incubación, demuestran que no se presentaron diferencias significativas entre los tratamientos suministrados obteniéndose un coeficiente de variación igual a 0,00%.

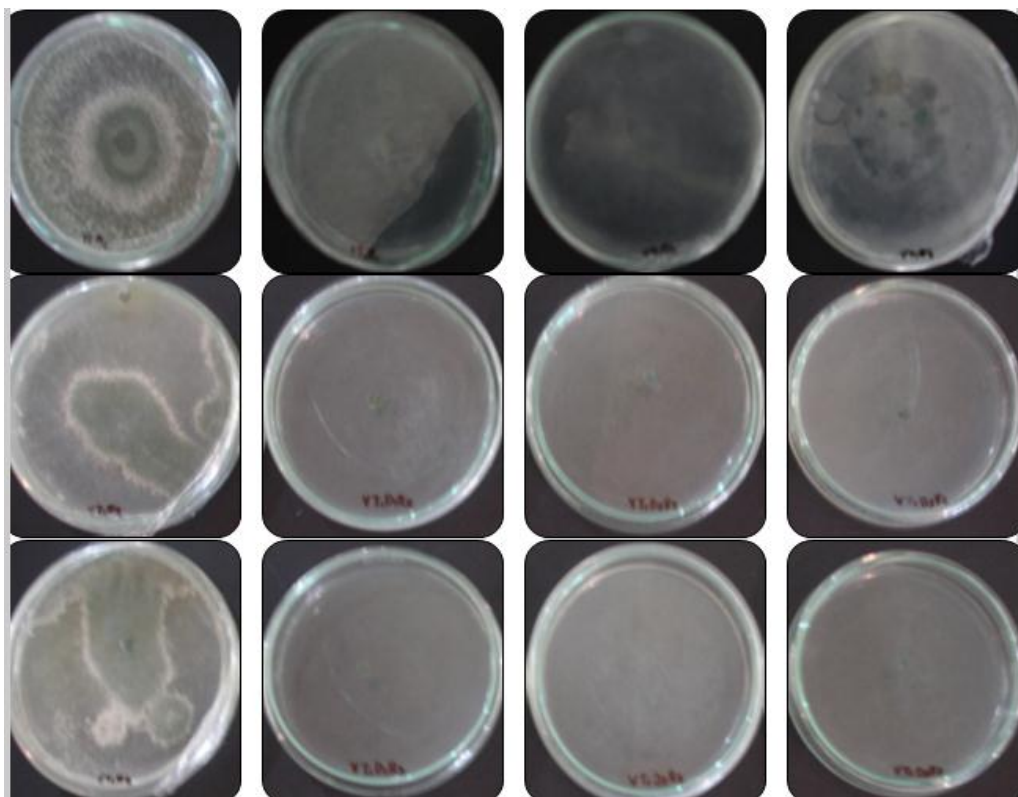
Se determinó que las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* no toleran a fenpropimorf en ninguna de las tres dosis suministradas (0,1, 0,3 y 0,52 ppm) (Tablas 18-3, 19-3, 20-3, 21-3 y 22-3), ya que en ninguno de los tratamientos realizados se presentó crecimiento del micelio del microorganismo (Figuras 18-3, 19-3, 20-3, 21-3 y 22-3), debido posiblemente a que el fungicida químico fenpropimorf es un fungicida sistémico que pertenece al grupo químico de las morfolinas que contiene compuestos heterocíclicos que inhiben la biosíntesis del ergosterol (componente de la pared celular de los hongos, el cual no les permite multiplicarse) (Cruz, 2010).

Estos resultados son similares a los presentados por Latterur y Cansen 2002, quienes evaluaron en laboratorio el efecto de 20 fungicidas de distintos grupos químicos en la infectividad de conidias del hongo entomopatógeno *Erynia neoaphidis*, estos autores reportaron que los benzimidazoles fueron los menos tóxicos para el entomopatógeno y las morfolinas los más tóxicos.

**Tabla 18-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Pasaje frente al fungicida químico fenpropimorf a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico fenpropimorf (ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. harzianum</i> Pasaje (mm) |
|-------------------------|--|---|
| Testigo (sin fungicida) | 0  | 45,00   |
| d <sub>1</sub>          | 0,1  | 2,00  |
| d <sub>2</sub>          | 0,3  | 2,00  |
| d <sub>3</sub>          | 0,52   | 2,00  |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015



**Figura 18-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Pasaje frente al fungicida químico fenpropimorf a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

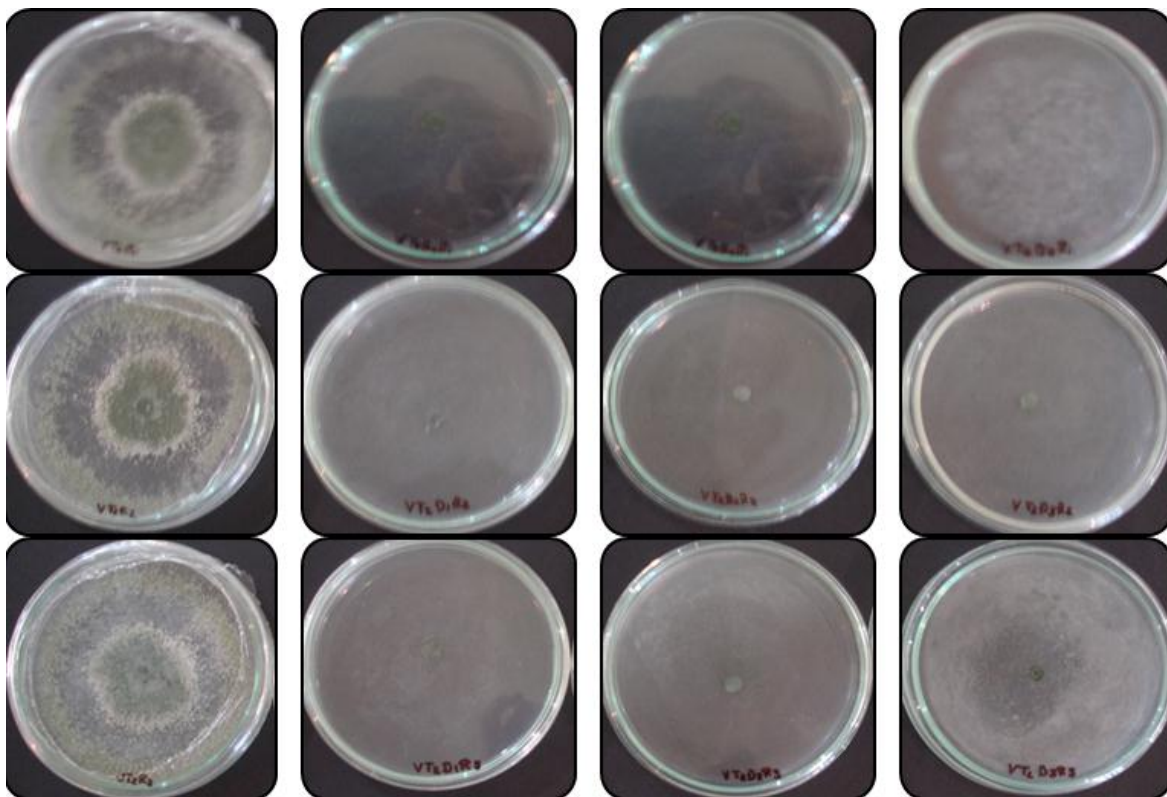
Realizado por: Pasmíño, M., 2015

**Tabla 19-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma koningii* TJM frente al fungicida químico fenpropimorf a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida<br>químico fenpropimorf<br>(ppm) | X Crecimiento radial del<br>microorganismo <i>T. koningii</i> TJM<br>(mm) |
|-------------------------|--|---|
| Testigo (sin fungicida) | 0  | 45,00   |
| d <sub>1</sub>          | 0,1  | 2,00  |
| d <sub>2</sub>          | 0,3  | 2,00  |
| d <sub>3</sub>          | 0,52   | 2,00  |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015





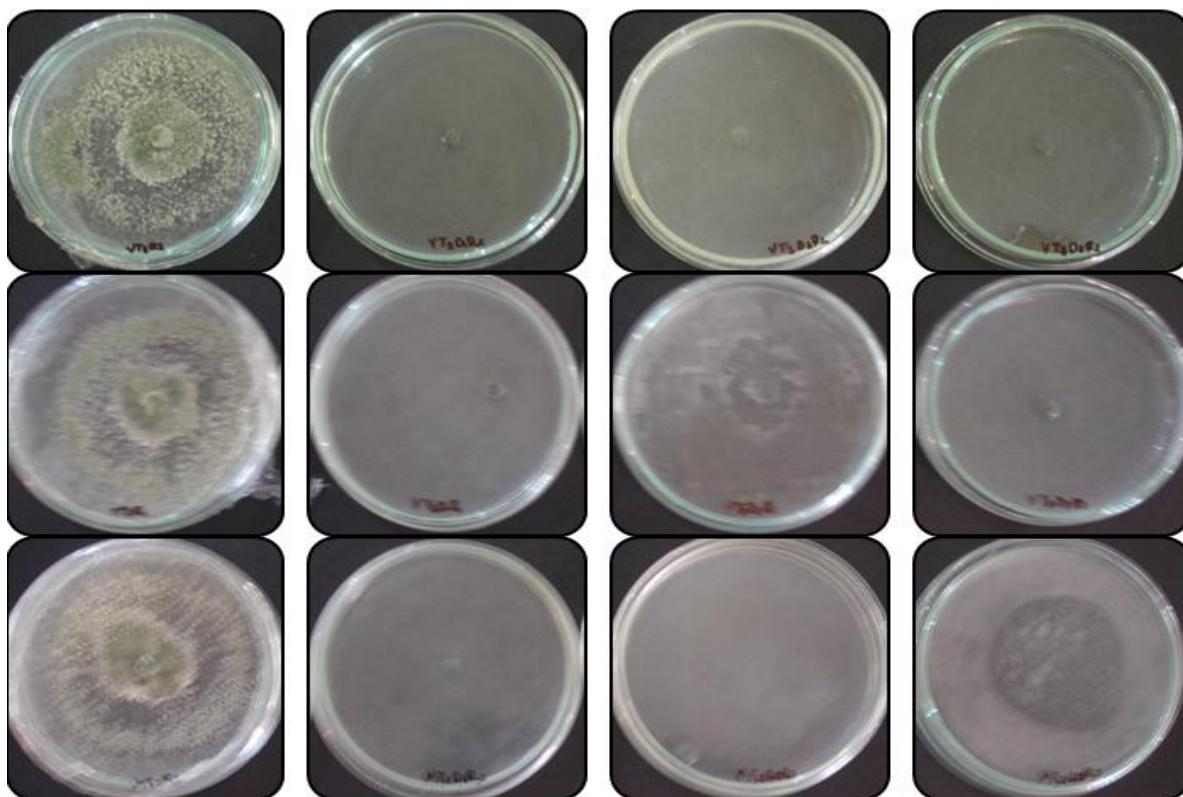
**Figura 19-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma koningii* TJM frente al fungicida químico fenpropimorf a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

**Tabla 20-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Ca36-3 frente al fungicida químico fenpropimorf a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico fenpropimorf (ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. harzianum</i> Ca36-3 (mm) |
|-------------------------|--|---|
| Testigo (sin fungicida) | 0  | 45,00   |
| d <sub>1</sub>          | 0,1  | 2,00  |
| d <sub>2</sub>          | 0,3  | 2,00  |
| d <sub>3</sub>          | 0,52   | 2,00  |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015



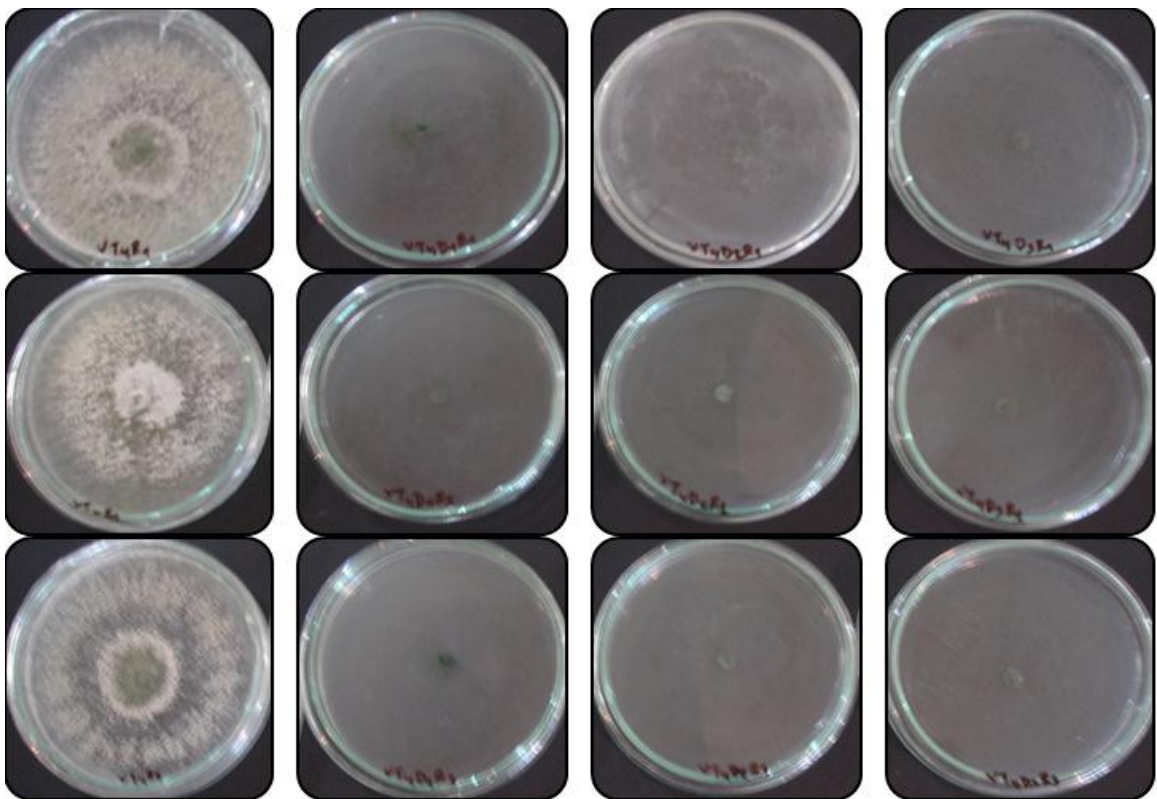
**Figura 20-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Ca36-3 frente al fungicida químico fenpropimorf a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Realizado por: Pasmiño, M., 2015

**Tabla 21-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma viride* Tung frente al fungicida químico fenpropimorfa 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico fenpropimorf (ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. viride</i> Tung (mm) |
|-------------------------|--|--|
| Testigo (sin fungicida) | 0  | 45,00  |
| d <sub>1</sub>          | 0,1  | 2,00   |
| d <sub>2</sub>          | 0,3  | 2,00   |
| d <sub>3</sub>          | 0,52   | 2,00   |

Realizado por: Pasmiño, P., 2015



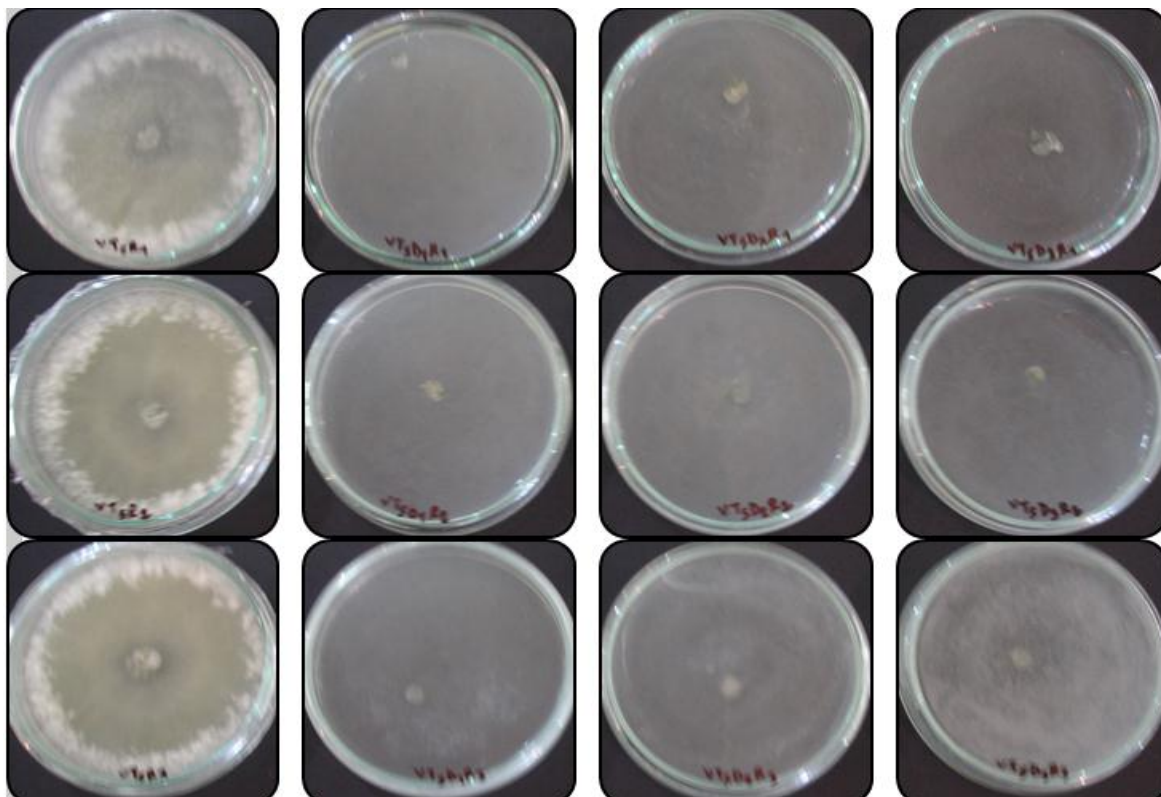
**Figura 21-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma viride* Tung frente al fungicida químico fenpropimorf a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Realizado por: Pasmiño, M., 2015

**Tabla 22-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma viride* Ju27 frente al fungicida químico fenpropimorf a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico fenpropimorf (ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. viride</i> Ju27 (mm) |
|-------------------------|--|--|
| Testigo (sin fungicida) | 0  | 45,00  |
| d <sub>1</sub>          | 0,1  | 2,00   |
| d <sub>2</sub>          | 0,3  | 2,00   |
| d <sub>3</sub>          | 0,52   | 2,00   |

Realizado por: Pasmiño, M., 2015



**Figura 22-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma viride* Ju27 frente al fungicida químico fenpropimorf a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Realizado por: Pasmiño, M., 2015

### 3.1.2.3. Determinación de la tolerancia de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* al fungicida químico trifloxystrobin

De acuerdo al análisis de varianza para la determinación de la tolerancia de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* frente al fungicida químico trifloxystrobin (Tega 25 SC) a 72 horas de incubación presentaron una media de crecimiento radial de 45,00 mm (Tablas 23-3, 24-3, 25-3, 26-3 y 27-3), encontramos que no existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, encontrándose un coeficiente de variación igual a 0,00 %.

Se determinó que las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* toleran al fungicida químico trifloxystrobin en las tres dosis suministradas (0,047, 0,094 y 0,188 ppm) ya que en cada uno de los tratamientos T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>, T<sub>4</sub> y T<sub>5</sub> que corresponden a las cepas del microorganismo procedentes de Pasaje, Hcda. Grupo Marún, Cajabamba, Tungurahua y San Juan respectivamente, se evidenció crecimiento del micelio del microorganismo (Figuras 23-3, 24-3, 25-3, 26-3 y 27-3), este resultado se debe probablemente porque estas cepas tienen mayor tolerancia al ingrediente activo de este producto o este comportamiento está relacionado con algún efecto de estimulación del producto a

bajas dosis pues el antagonista pudiera utilizar alguna sustancia activa del producto para su metabolismo (Reyes, Y. *et al.*, 2012)

Investigaciones realizadas por Borrero y Silva (2005), califican a la velocidad de *Trichoderma sp.* como una importante cualidad de antagonismo compitiendo eficientemente por el sustrato, lo cual queda demostrado en esta investigación donde todas las cepas de *Trichoderma sp.* fueron de rápido crecimiento (Figuras 25-3, 26-3, 27-3, 28-3 y 29-3).

En el caso de la cepa del microorganismo *Trichoderma koningii* TJM, poseen estructuras como los conidios que les permiten su reproducción y clamidosporas que les proporcionan resistencia, para desarrollarse frente al fungicida (Cruz, L., 2007)

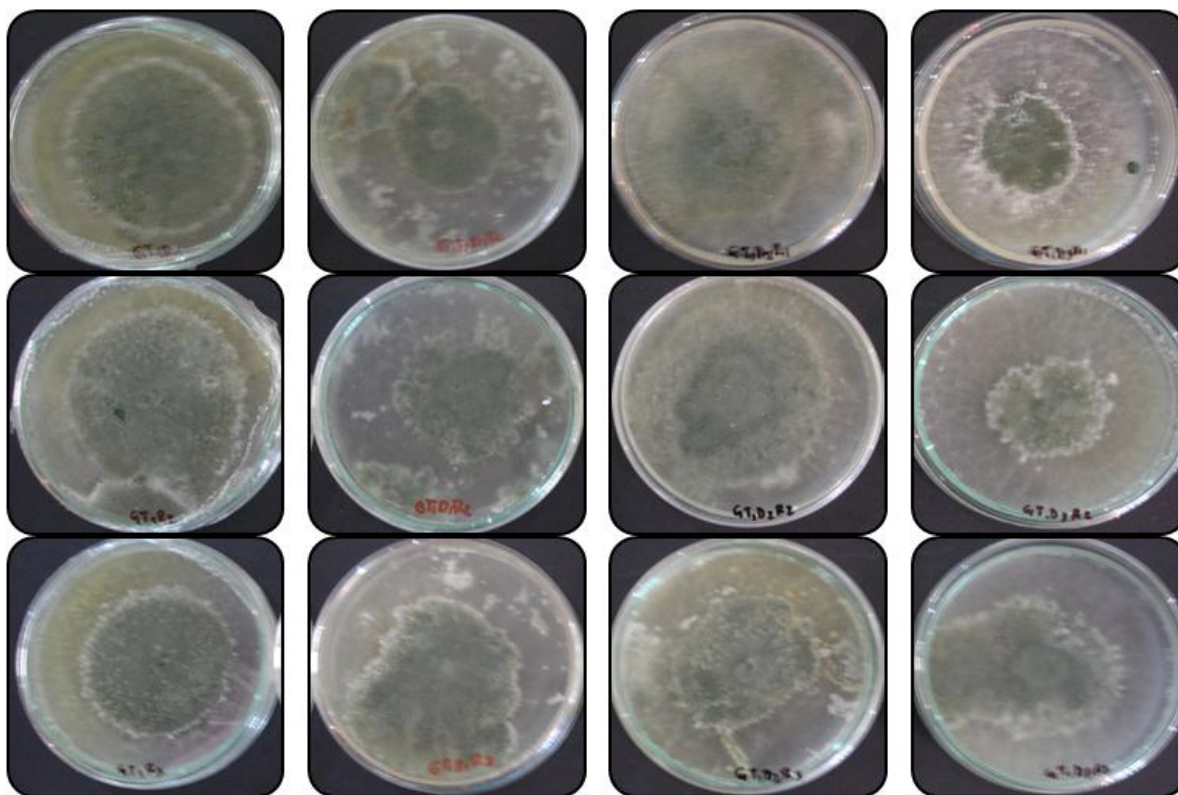
Las cepas del microorganismo *Trichoderma harzianum* Pasaje y *Trichoderma harzianum* Ca36-3, invadieron rápidamente el sustrato posiblemente por la producción de toxinas y antibióticos, al mismo tiempo que ocasionaron un descenso del nivel de pH hasta valores de 4-5, que fueron más favorables para su crecimiento (Rifai, M., 1969).

**Tabla 23-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Pasaje al fungicida químico trifloxystrobin a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico trifloxystrobin (ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. harzianum</i> Pasaje (mm) |
|-------------------------|---|---|
| Testigo (sin fungicida) | 0   | 45,00   |
| d <sub>1</sub>          | 0,047   | 45,00   |
| d <sub>2</sub>          | 0,094   | 45,00   |
| d <sub>3</sub>          | 0,188   | 45,00   |

Realizado por: Pasmiño, M., 2015



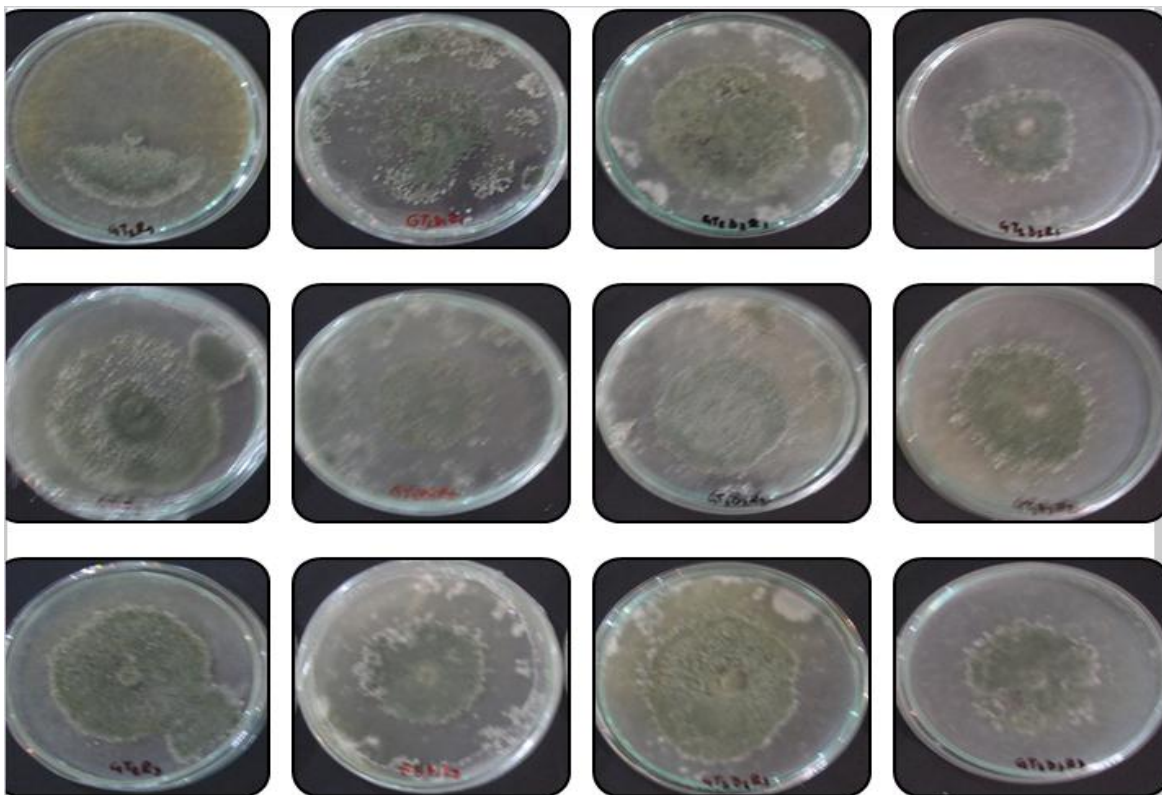


**Figura 23-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Pasaje frente al fungicida químico trifloxystrobin a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .  
Realizado por: Pasmíño, M., 2015

**Tabla 24-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma koningii* TJM frente a trifloxystrobin a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico trifloxystrobin (ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. koningii</i> TJM (mm) |
|-------------------------|---|---|
| Testigo (sin fungicida) | 0   | 45,00   |
| d <sub>1</sub>          | 0,047   | 45,00   |
| d <sub>2</sub>          | 0,094   | 45,00   |
| d <sub>3</sub>          | 0,188   | 45,00   |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015



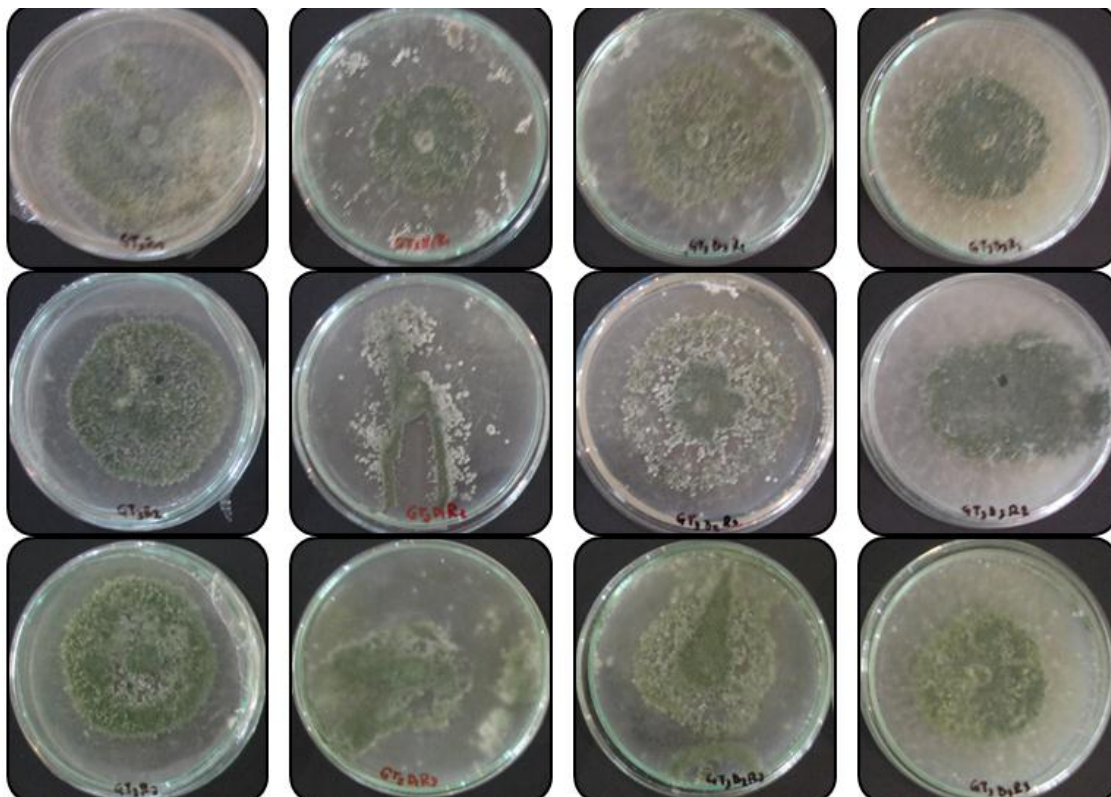
**Figura 24-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma koningii* TJM frente al fungicida químico trifloxystrobin a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

**Tabla 25-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Ca36-3 frente al fungicida químico trifloxystrobin a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico trifloxystrobin (ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. harzianum</i> Cajabamba- Chimborazo (mm) |
|-------------------------|---|--|
| Testigo (sin fungicida) | 0   | 45,00  |
| d <sub>1</sub>          | 0,047   | 45,00  |
| d <sub>2</sub>          | 0,094   | 45,00  |
| d <sub>3</sub>          | 0,188   | 45,00  |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015



**Figura 25-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Ca36-3 al fungicida químico trifloxystrobin a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

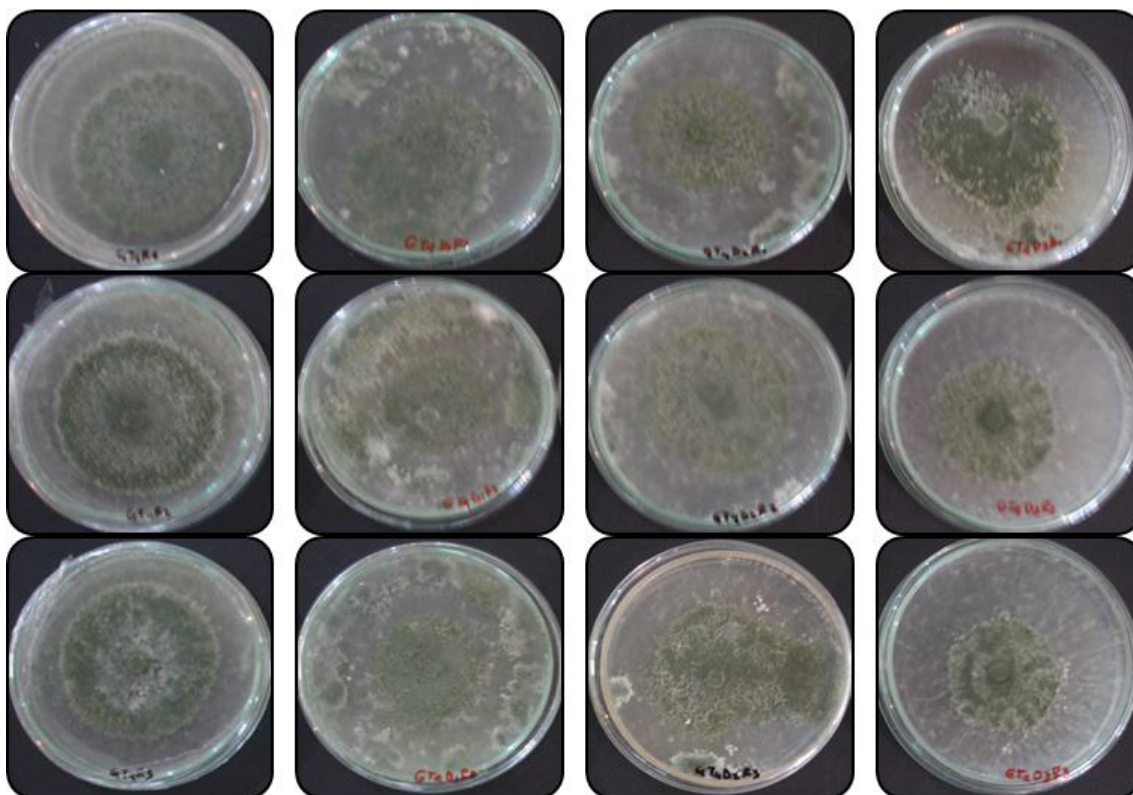
Realizado por: Pasmíño, M., 2015

**Tabla 26-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma viride* Tung frente al fungicida químico trifloxystrobin a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico<br>trifloxystrobin<br>(ppm) | X Crecimiento radial <i>T. viride</i><br>Tung (mm) |
|-------------------------|---|--|
| Testigo (sin fungicida) | 0   | 45,00  |
| d <sub>1</sub>          | 0,047   | 45,00  |
| d <sub>2</sub>          | 0,094   | 45,00  |
| d <sub>3</sub>          | 0,188   | 45,00  |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015





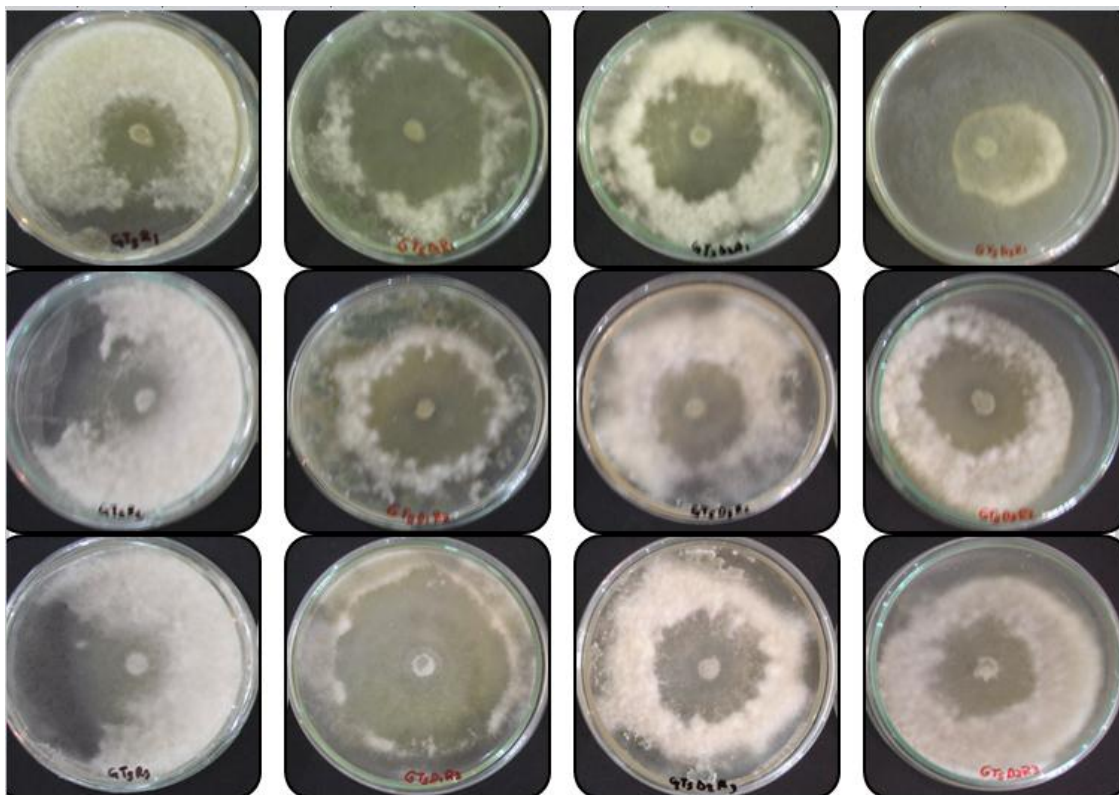
**Figura 26-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma viride* Tung frente al fungicida químico trifloxystrobin a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

**Tabla 27-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma viride* Ju27 al fungicida químico trifloxystrobin a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

| Dosis | Concentración del fungicida químico<br>trifloxystrobin<br>(ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. viride</i> Ju27 (mm) |
|-------|---|--|
| 0     | 0   | 45,00  |
| 1     | 0,047   | 45,00  |
| 2     | 0,094   | 45,00  |
| 3     | 0,188   | 45,00  |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015



**Figura 27-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma viride* Ju27 frente al fungicida químico trifloxystrobin a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

#### 3.1.2.4. Determinación de la tolerancia de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma* sp. al fungicida químico difenoconazole

Los tratamientos  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$ ,  $T_4$  y  $T_5$  que corresponden al microorganismo *Trichoderma harzianum* Pasaje, *Trichoderma koningii* TJM, *Trichoderma harzianum* Ca36-3, *Trichoderma viride* Tung y *Trichoderma viride* Ju27 frente al fungicida químico difenoconazole (Sico 250 EC) en las dosis suministradas (0,094, 0,1875 y 0,375 ppm) a las 72 horas de incubación presentaron resultados (Tablas 28-3, 29-3, 30-3, 31-3 y 32-3) expresados como 2,00 mm que no representaban crecimiento del micelio de las cinco cepas del microorganismo (Figuras 28-3, 29-3, 30-3, 31-3 y 32-3), encontrándose con un coeficiente de variación igual a 0,00 % determinamos que no existen diferencias significativas entre los tratamientos aplicados, esto puede deberse a la acción sistémica del fungicida actuando dentro del sistema celular del hongo (Chávez, 2012) deteniendo el desarrollo por interferencia de la biosíntesis de esteroides en las membranas celulares (Syngenta SA, 2011).

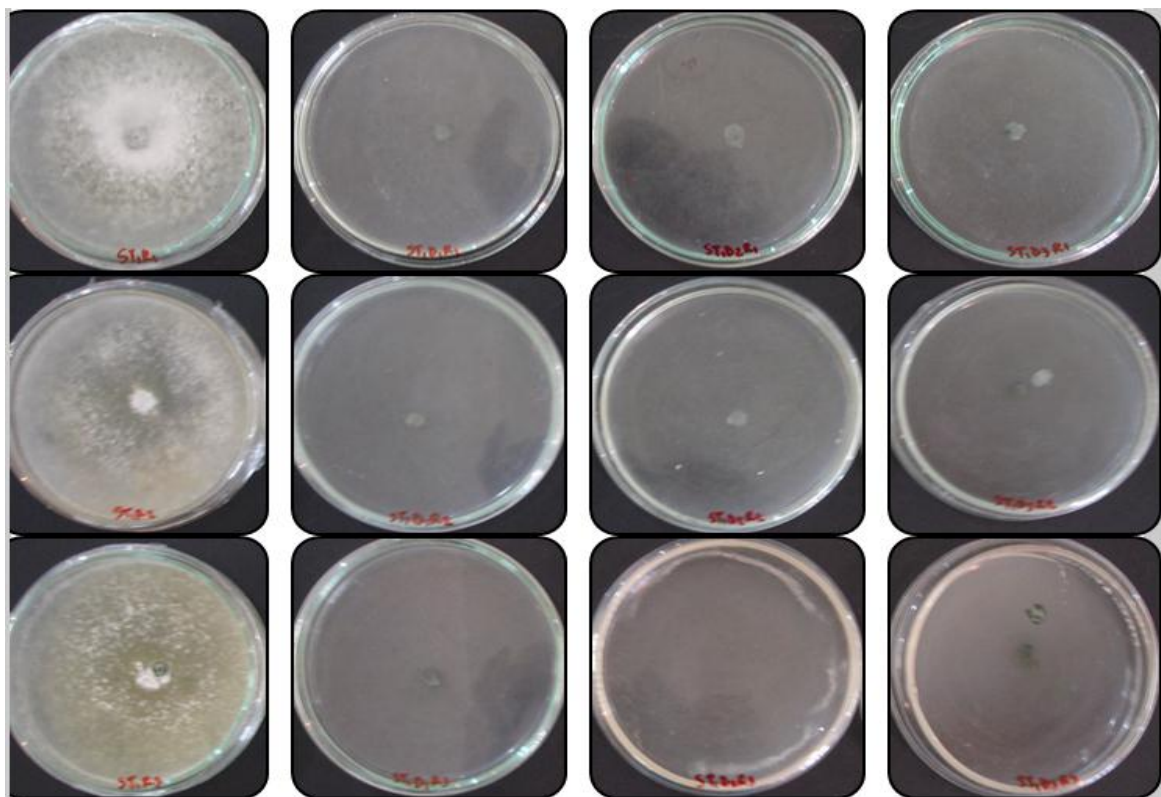
Resultados corroborados por Abosrwill y Clancy (1993), quienes de los plaguicidas que estudiaron determinaron que los fungicidas de amplio espectro de acción como benzimidazoles y triazoles

(grupo químico al cual pertenece el fungicida químico difenoconazole) son los que provocan mayor toxicidad sobre *Trichoderma sp*, lo que concuerda con la investigación realizada por May y Kimati (2000) quienes observaron que el tebuconazole que también pertenece al grupo químico de los triazoles produjo interferencia *in vitro* con el antagonista *Trichoderma sp*. donde este fungicida no resulto compatible, sin embargo Franco y Orrego 2013, determinaron que el fungicida tebuconazole inhibió la esporulación de *Trichoderma sp*. entre un 24 % a 89 %, exhibiendo respuesta diferenciada de los aislados al mismo principio activo.

**Tabla 28-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Pasaje frente al fungicida químico difenoconazole a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

| Dosis                      | Concentración<br>difenoconazole<br>(ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. harzianum</i> Pasaje (mm) |
|----------------------------|--|---|
| Testigo<br>(sin fungicida) | 0  | 45,00   |
| d <sub>1</sub>             | 0,094                                    | 2,00  |
| d <sub>2</sub>             | 0,1875                                   | 2,00  |
| d <sub>3</sub>             | 0,375                                    | 2,00  |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

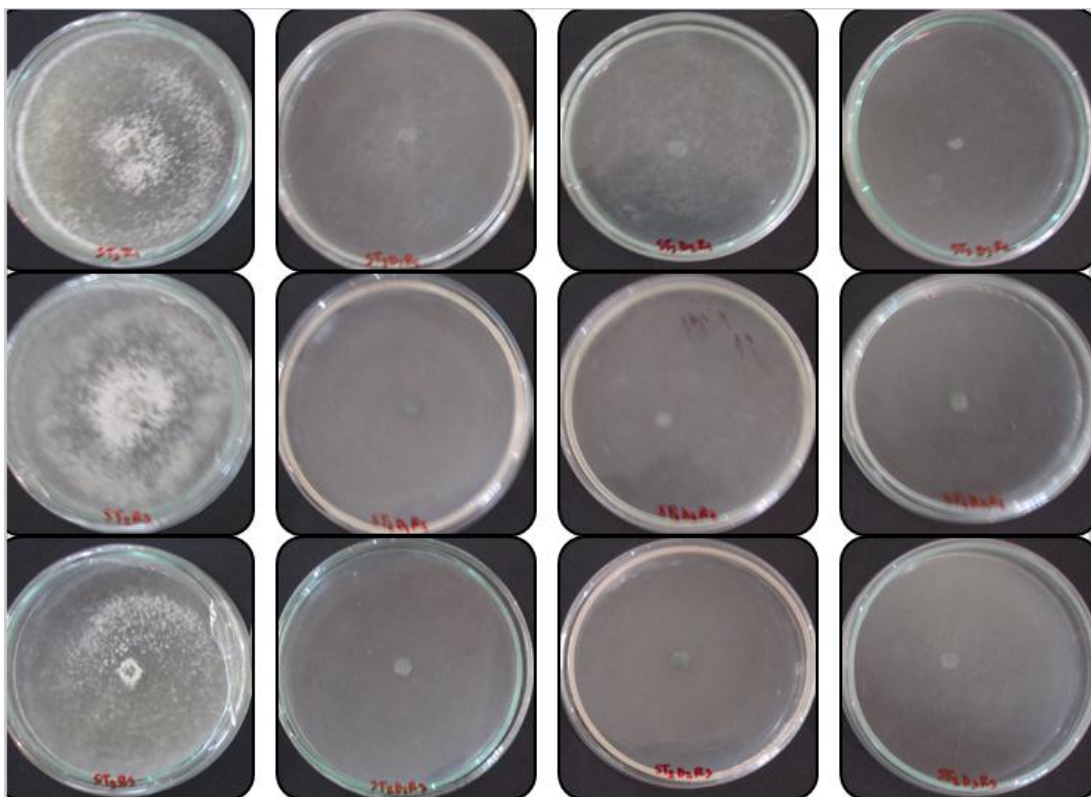


**Figura 28-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Pasaje frente a fungicida químico difenoconazole a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$   
Realizado por: Pasmíño, M., 2015

**Tabla 29-3:** Resultados de la prueba de tolerancia de *Trichoderma koningii* TJM frente a difenoconazole a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico difenoconazole (ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. koningii</i> TJM (mm) |
|-------------------------|--|---|
| Testigo (sin fungicida) | 0  | 45,00   |
| d <sub>1</sub>          | 0,094  | 2,00  |
| d <sub>2</sub>          | 0,1875   | 2,00  |
| d <sub>3</sub>          | 0,375  | 2,00  |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015



**Figura 29-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma koningii* Pasaje frente al fungicida químico difenoconazole a 72 de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

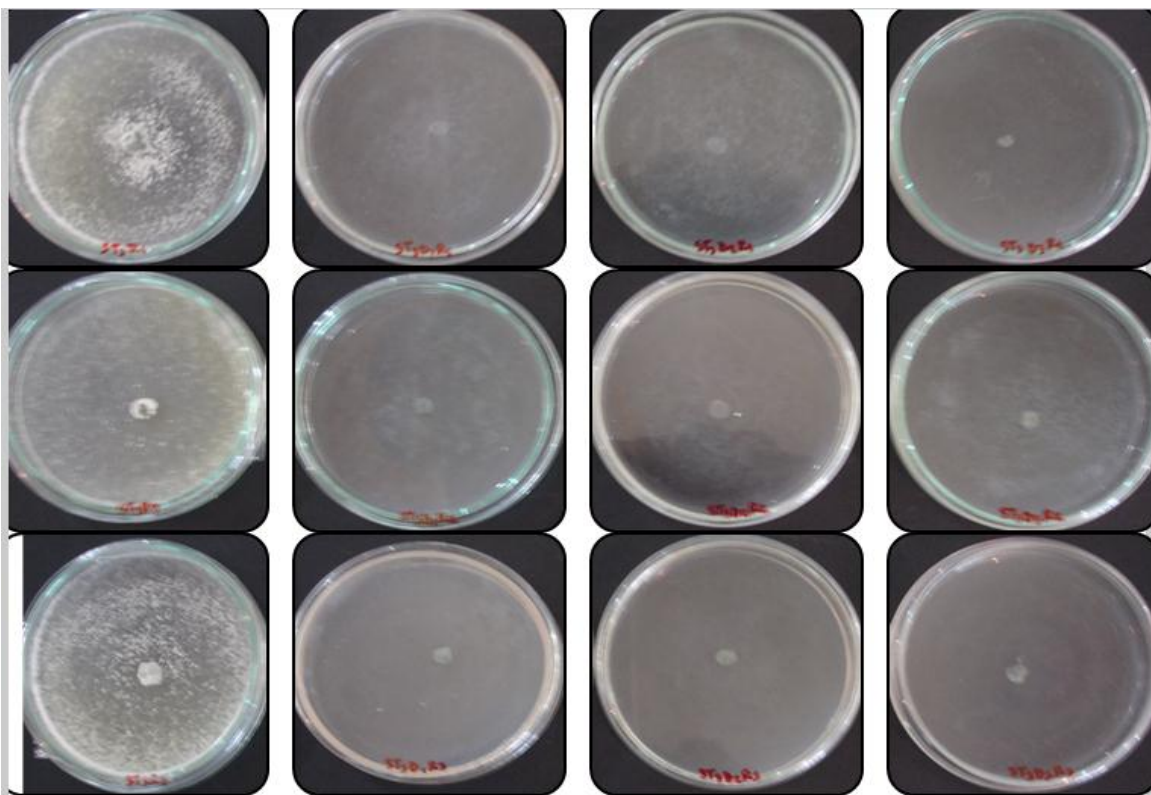
Realizado por: Pasmíño, M., 2015

**Tabla 30-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Ca36-3 frente al fungicida químico difenoconazole a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico difenoconazole (ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. harzianum</i> Ca36-3 (mm) |
|-------------------------|--|---|
| Testigo (sin fungicida) | 0  | 45,00   |
| d <sub>1</sub>          | 0,094  | 2,00  |
| d <sub>2</sub>          | 0,1875   | 2,00  |
| d <sub>3</sub>          | 0,375  | 2,00  |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015





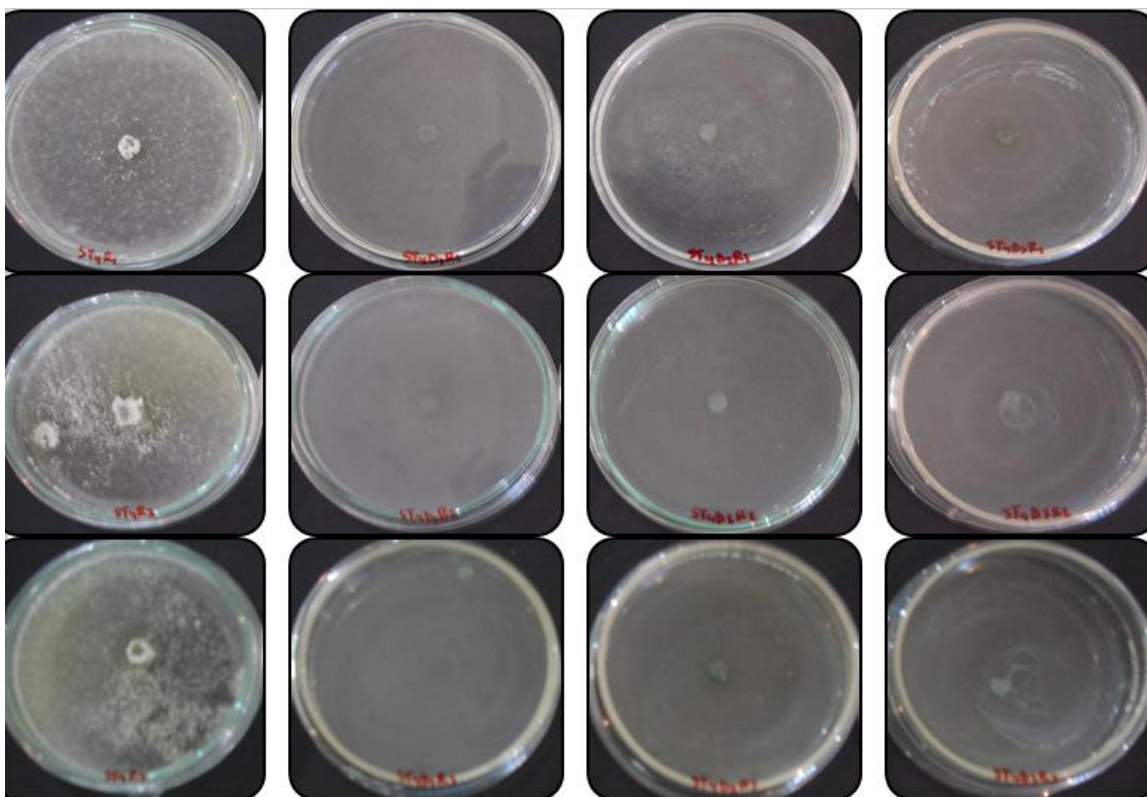
**Figura 30-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Ca36-3 frente al fungicida químico difenoconazole a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

**Tabla 31-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma viride* Tung frente al fungicida químico difenoconazole a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico difenoconazole (ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. viride</i> Tung (mm) |
|-------------------------|--|--|
| Testigo (sin fungicida) | 0  | 45,00  |
| d <sub>1</sub>          | 0,094  | 2,00   |
| d <sub>2</sub>          | 0,1875   | 2,00   |
| d <sub>3</sub>          | 0,375  | 2,00   |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015



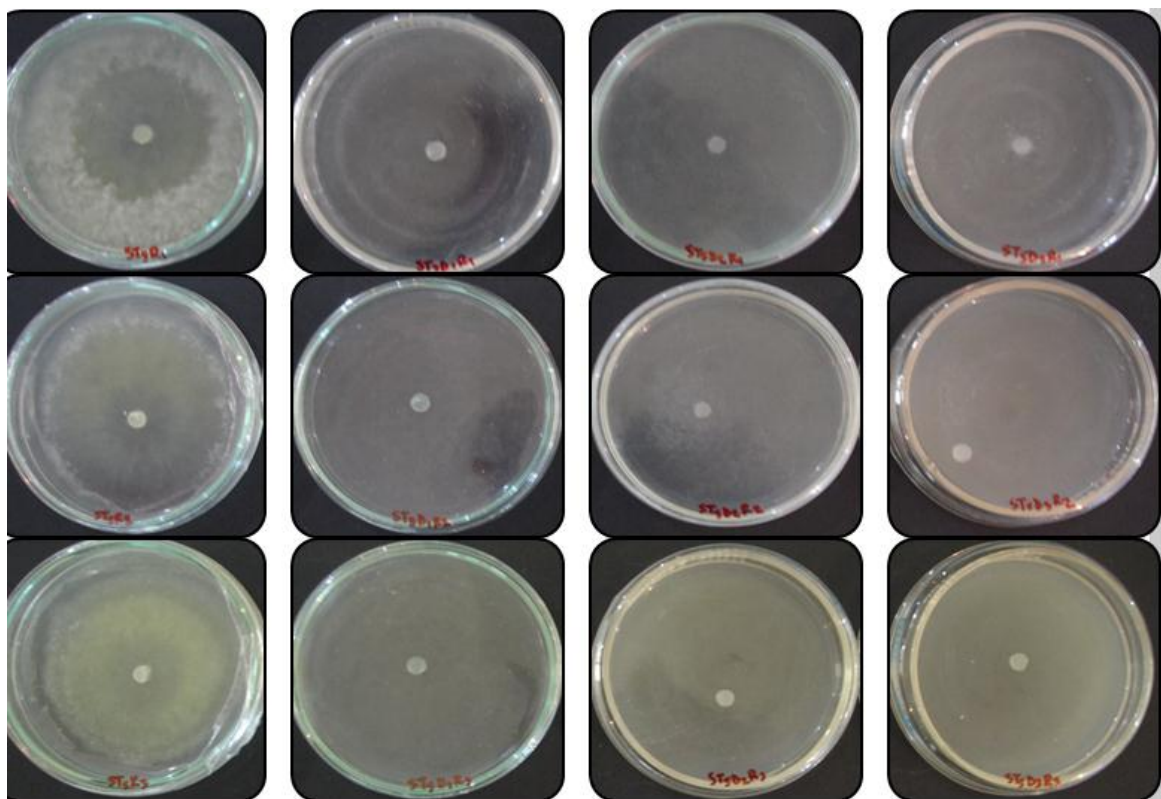
**Figura 31-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma viride* Tung frente al fungicida químico difenoconazole a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

**Tabla 32-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma viride* Ju27 frente al fungicida químico difenoconazole a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida<br>químico difenoconazole<br>(ppm) | X Crecimiento radial del<br>microorganismo <i>T. viride</i> Ju27 (mm) |
|-------------------------|--|---|
| Testigo (sin fungicida) | 0  | 45,00   |
| d <sub>1</sub>          | 0,094  | 2,00  |
| d <sub>2</sub>          | 0,1875   | 2,00  |
| d <sub>3</sub>          | 0,375  | 2,00  |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015



**Figura 32-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma viride* Ju27 frente al fungicida químico difenoconazole a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

### 3.1.2.5. Determinación de la tolerancia de cinco cepas del microorganismo *Trichoderma* sp. al fungicida químico epoxiconazol

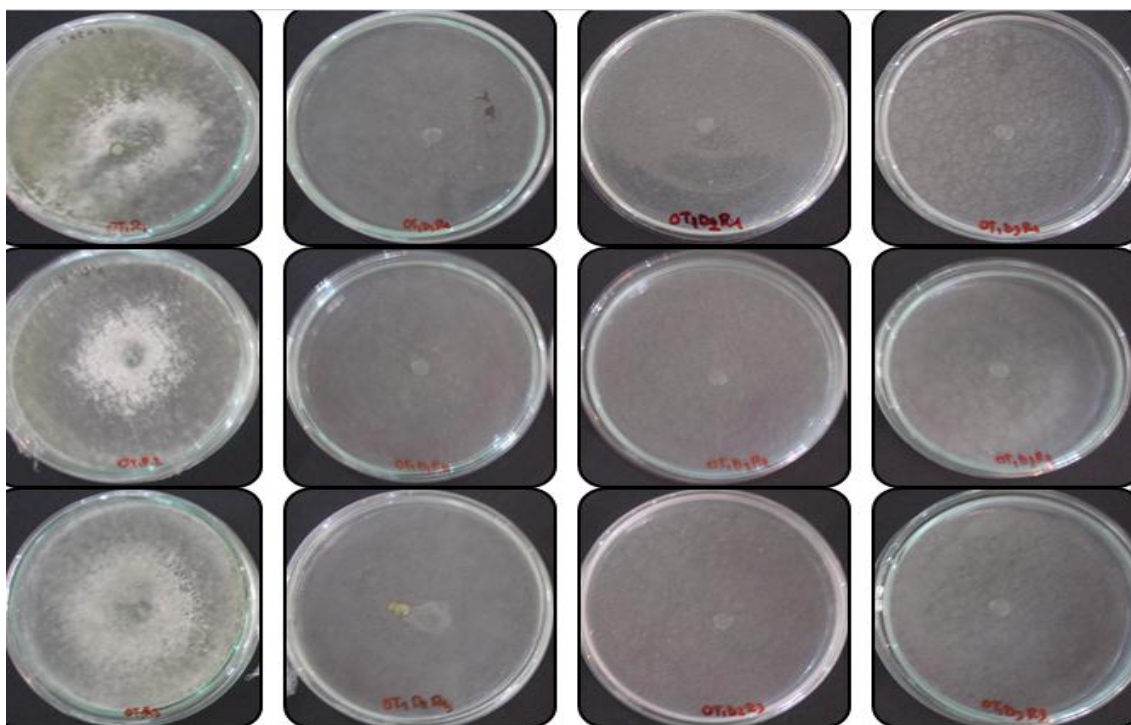
La media de crecimiento radial para las cepas del microorganismo *Trichoderma* sp. fue expresada en 2,00 mm (Tablas 33-3, 34-3, 35-3, 36-3 y 37-3) estos valores no representan crecimiento del hongo (Figuras 33-3, 34-3, 35-3, 36-3 y 37-3), determinándose que la esporulación “*in vitro*” del antagonista fue afectada por el fungicida químico epoxiconazol (opal 7.5 EC) a las tres dosis evaluadas a las 72 horas de iniciado el ensayo, esto se debe posiblemente a que la biodegradación de este producto depende de la complejidad y estabilidad de la molécula del fungicida, siendo este un azol que inhibe la dimetilación en la síntesis de esterol (compuesto lipídico de la membrana de las células fúngicas) que permite la función de muchas enzimas, también impide el abastecimiento de nutrientes encapsulando los haustorios, inhibiendo la biosíntesis de células hostiles existentes y deteniendo la producción de nuevas esporas micóticas (Cruz *et al.*, 2014).



**Tabla 33-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Pasaje frente al fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico<br>epoxiconazol<br>(ppm) | X Crecimiento radial <i>T. harzianum</i><br>Pasaje (mm) |
|-------------------------|--|---|
| Testigo (sin fungicida) | 0  | 45,00   |
| d <sub>1</sub>          | 0,244  | 2,00  |
| d <sub>2</sub>          | 0,487  | 2,00  |
| d <sub>3</sub>          | 0,975  | 2,00  |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015



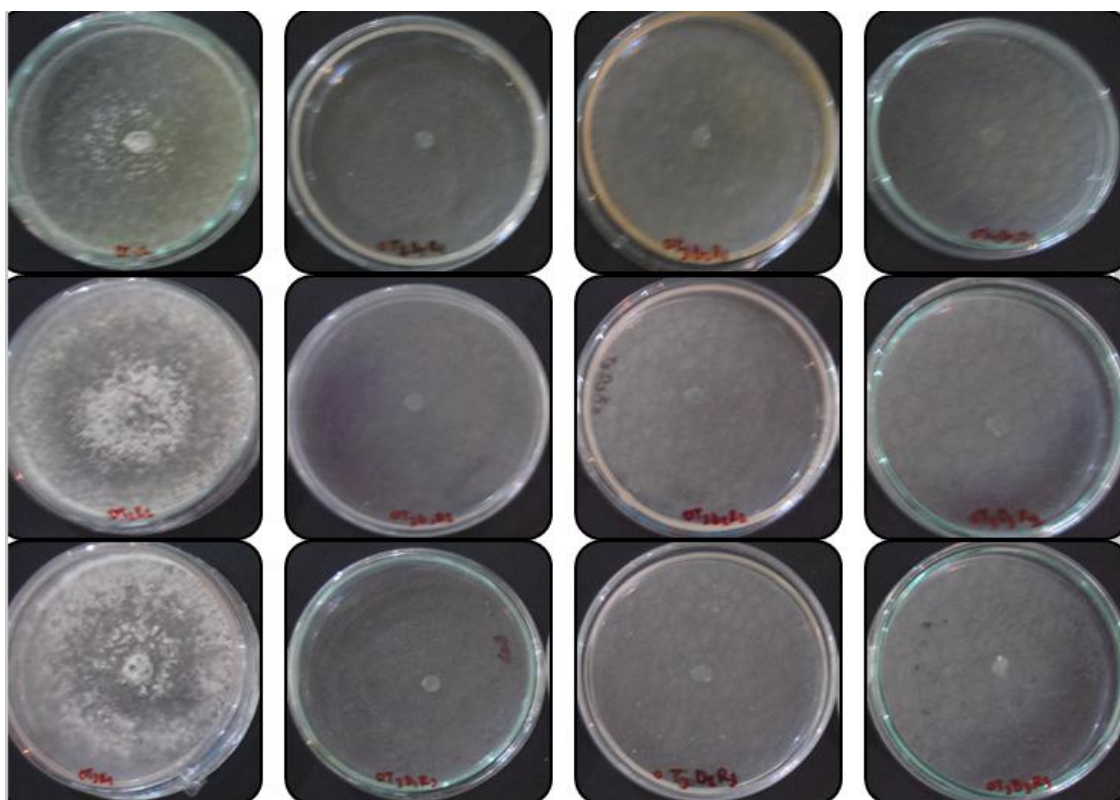
**Figura 33-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Pasaje frente al fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

**Tabla 34-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma koningii* TJM frente al fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^\circ\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico epoxiconazol (ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. koningii</i> TJM (mm) |
|-------------------------|--|---|
| Testigo (sin fungicida) | 0  | 45,00   |
| d <sub>1</sub>          | 0,244  | 2,00  |
| d <sub>2</sub>          | 0,487  | 2,00  |
| d <sub>3</sub>          | 0,975  | 2,00  |

Realizado por: Pasmiño, M., 2015



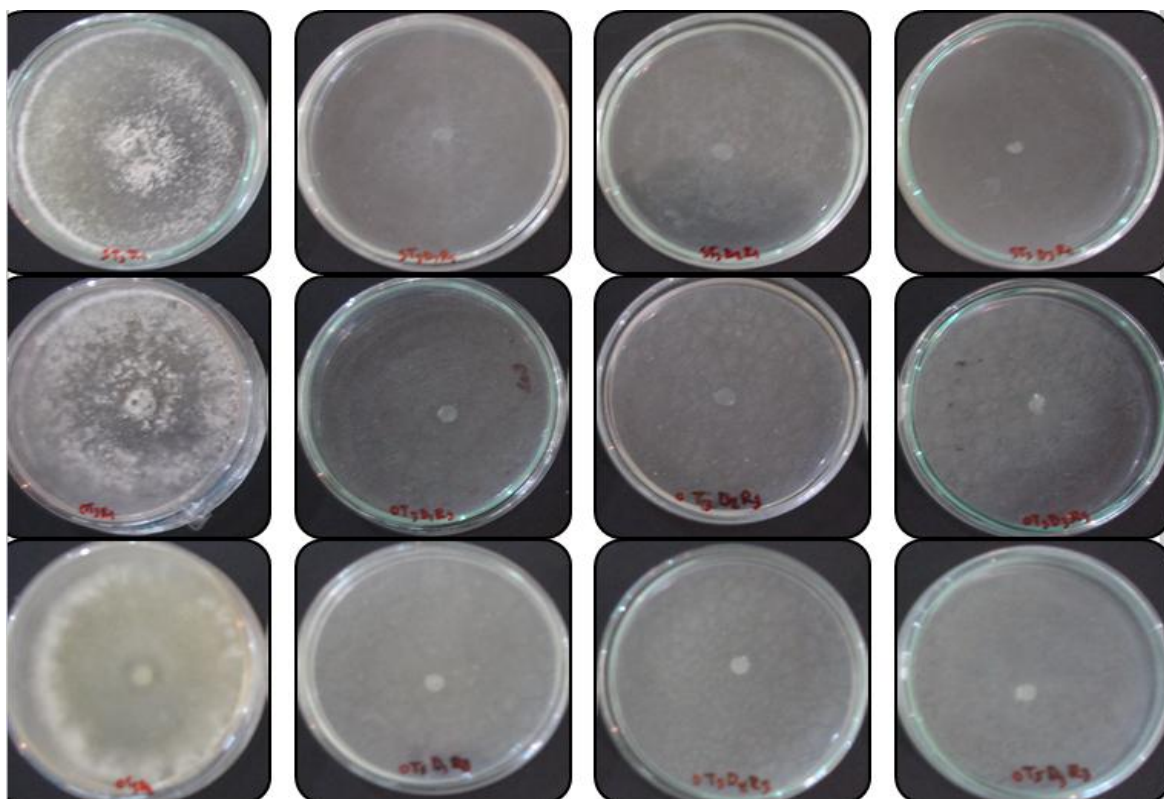
**Figura 34-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma koningii* TJM frente al fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^\circ\text{C}$ .

Realizado por: Pasmiño, M., 2015

**Tabla 35-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Ca36-3 frente al fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico epoxiconazol (ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. harzianum</i> Ca36-3 (mm) |
|-------------------------|--|---|
| Testigo (sin fungicida) | 0  | 45,00   |
| d <sub>1</sub>          | 0,094  | 2,00  |
| d <sub>2</sub>          | 0,1875   | 2,00  |
| d <sub>3</sub>          | 0,375  | 2,00  |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015



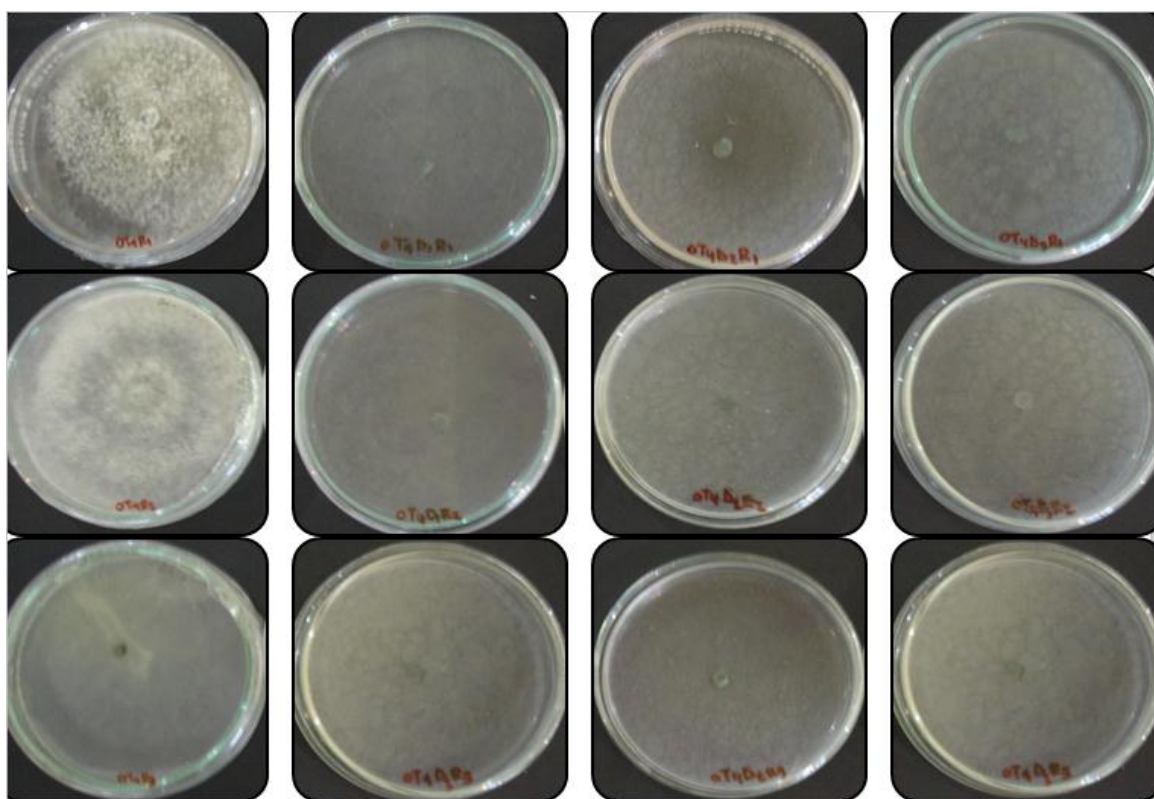
**Figura 35-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma harzianum* Ca36-3 frente al fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

**Tabla 36-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma viride* Tung frente al fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico epoxiconazol (ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. viride</i> Tung (mm) |
|-------------------------|--|--|
| Testigo (sin fungicida) | 0  | 45,00  |
| d <sub>1</sub>          | 0,094  | 2,00   |
| d <sub>2</sub>          | 0,1875   | 2,00   |
| d <sub>3</sub>          | 0,375  | 2,00   |

Realizado por: Pasmiño, M., 2015



**Figura 36-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma viride* Tung frente al fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

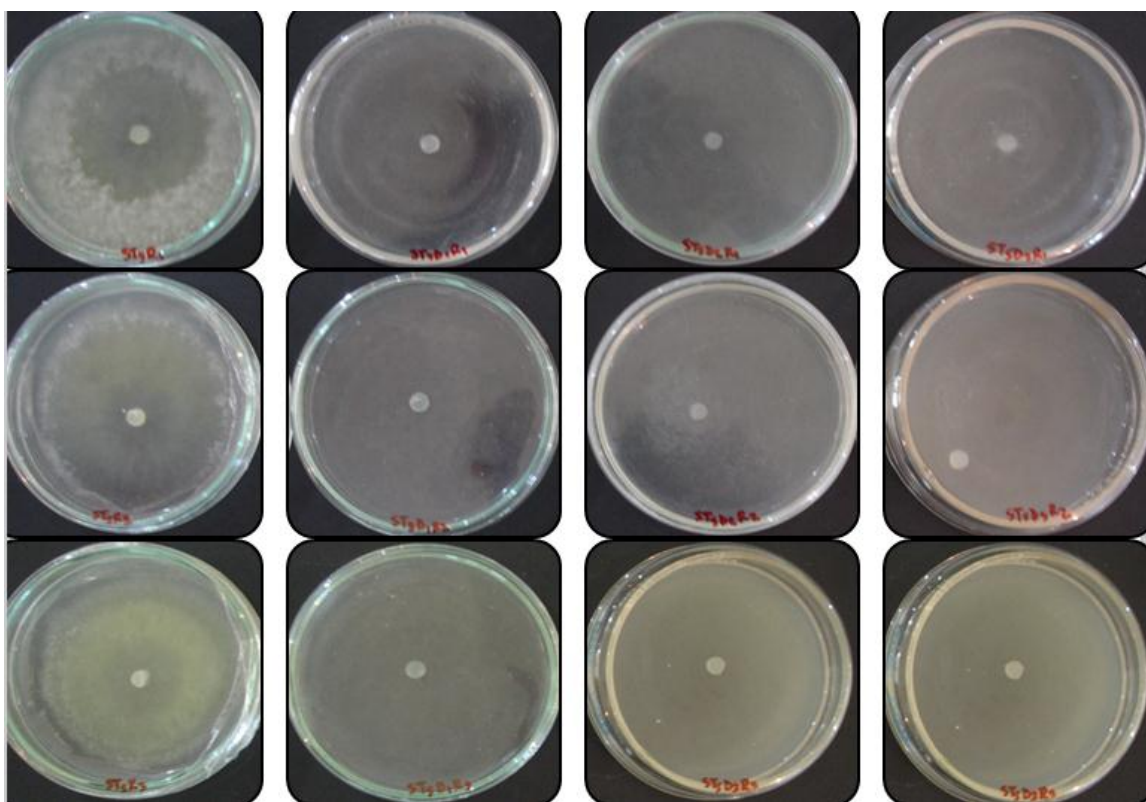
Realizado por: Pasmiño, M., 2015



**Tabla 37-3:** Resultados de la prueba de tolerancia del microorganismo *Trichoderma viride* Ju27 frente al fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

| Dosis                   | Concentración del fungicida químico epoxiconazol (ppm) | X Crecimiento radial del microorganismo <i>T. viride</i> Ju27 (mm) |
|-------------------------|--|--|
| Testigo (sin fungicida) | 0  | 45,00  |
| d <sub>1</sub>          | 0,094  | 2,00   |
| d <sub>2</sub>          | 0,1875   | 2,00   |
| d <sub>3</sub>          | 0,375  | 2,00   |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015



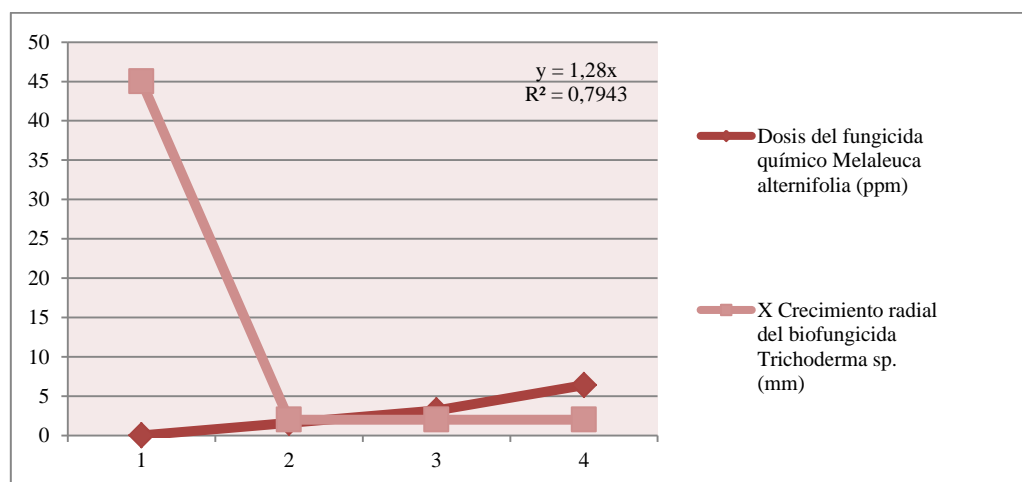
**Figura 37-3:** Tolerancia del microorganismo *Trichoderma viride* Ju27 frente al fungicida químico epoxiconazol a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

### 3.1.3. Determinación de la dosis eficaz 50 ( $DE_{50}$ ) de los fungicidas químicos sobre el microorganismo *Trichoderma sp.*

#### 3.1.3.1. Determinación de la $DE_{50}$ del fungicida químico *Melaleuca alternifolia* sobre cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.*

La  $DE_{50}$  del fungicida químico *Melaleuca alternifolia* sobre *Trichoderma sp.* de Pasaje, Hcda. Grupo Marún, Cajabamba, Tungurahua y San Juan corresponde a 0 ppm (Figura 38-3), para el uso del producto el fabricante recomienda una concentración de 10,66 ppm (Tabla 38-3), de acuerdo con los resultados no se presentó crecimiento del micelio de las cinco cepas del microorganismo, por lo cual no debe existir ninguna concentración de *Melaleuca alternifolia* para que el microorganismo *Trichoderma sp.* se desarrolle ya que este no es compatible con el producto químico, posiblemente porque este producto posee la capacidad de alterar la barrera de permeabilidad de las estructuras de membrana de organismos vivos en diferentes sitios de acción, ya sea destruyendo la integridad celular, aumentando la permeabilidad de membranas, causando pérdida de citoplasma o inhibiendo la respiración y procesos de transporte de iones (Jimenez, M. 2011).



**Figura 38-3:** Curva de regresión ajustada para el fungicida químico *Melaleuca alternifolia* frente al microorganismo *Trichoderma sp.* 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Realizado por: Pasmiño, M., 2015

**Tabla 38-3:** Dosis eficaz 50 del fungicida químico *Melaleuca alternifolia* frente a las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.*

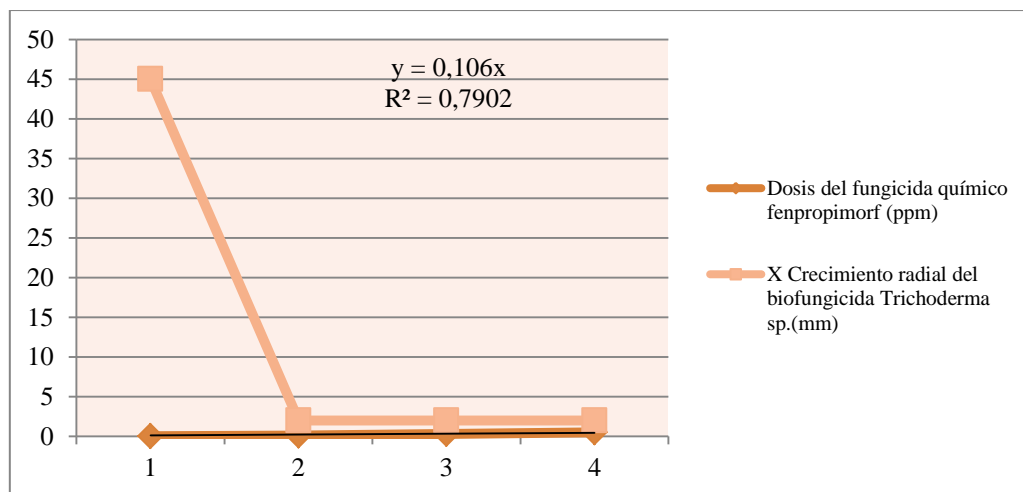
| Cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i>  | Dosis eficaz 50 (en ppm)<br>Fungicida químico<br><i>Melaleuca alternifolia</i> |
|--|--|
| T <sub>1</sub> (CCECH-Pasaje)  | 0  |
| T <sub>2</sub> (CCECH-TJM)   | 0  |
| T <sub>3</sub> (CCECH-Ca36-3)  | 0  |
| T <sub>4</sub> (CCECH-Tung)  | 0  |
| T <sub>5</sub> (CCECH-Ju27)  | 0  |
| DE <sub>50</sub> promedio del fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> sobre el microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> (ppm) | 0  |
| Dosis del fungicida químico <i>Melaleuca alternifolia</i> recomendada por el fabricante (ppm)                                      | 10,66  |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

La DE<sub>50</sub> promedio del fungicida químico *Melaleuca alternifolia* sobre las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* corresponde a 0 ppm (Tabla 38-3), es decir, el microorganismo no es compatible a *Melaleuca alternifolia*, por tanto para el desarrollo del microorganismo no debe existir la presencia del fungicida químico, lo que coincide con los resultados obtenidos por Infante Y. *et al.* (2013) quienes indican que el aceite de *Melaleuca quinquenervia* aplicado a una concentración 10 µl ocasiona una inhibición de 80- 95 % del crecimiento radial de los aislamientos T<sub>1</sub>, T<sub>78</sub> Y T<sub>90</sub>, mientras sobre el crecimiento del aislamiento T<sub>13</sub> la inhibición fue total, concluyendo que este tipo de compuesto es incompatible a cuatro cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels.

### 3.1.3.2. Determinación de la DE<sub>50</sub> de fenpropimorf sobre cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.*

La DE<sub>50</sub> promedio del fungicida químico fenpropimorf sobre las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* corresponde a 0 ppm (Figura 39-3), resultado (Tabla 39-3) que nos indica que las cepas presentaron una respuesta negativa al fungicida químico ensayado, puede deberse a que fenpropimorf pertenece al grupo químico de las morfolinas las cuales tienen la capacidad de interferir en la vías metabólicas de la biosíntesis de proteínas, lípidos y carbohidratos de las células del antagonista (Cruz, E., 2014).



**Figura 39-3:** Curva de regresión ajustada para el fungicida químico fenpropimorf frente al microorganismo *Trichoderma sp.* a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

**Tabla 39-3:** Dosis eficaz 50 del fungicida químico fenpropimorf frente a las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.*

| Cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i>   | Dosis eficaz 50 (en ppm)<br>Fungicida químico<br>fenpropimorf |
|---|---|
| T <sub>1</sub> (CCECH-Pasaje)   | 0   |
| T <sub>2</sub> (CCECH-TJM)  | 0   |
| T <sub>3</sub> (CCECH-Ca36-3)   | 0   |
| T <sub>4</sub> (CCECH-Tung)   | 0   |
| T <sub>5</sub> (CCECH-Ju27)   | 0   |
| DE <sub>50</sub> promedio del fungicida químico fenpropimorf sobre el microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> (ppm) | 0   |
| Dosis del fungicida químico fenpropimorf recomendada por el fabricante (ppm)                                      | 3,5   |

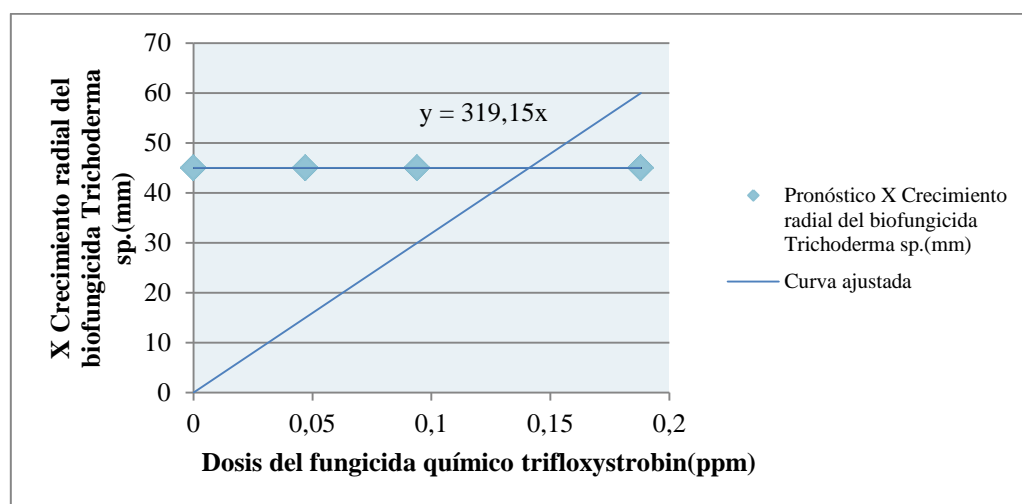
Realizado por: Pasmíño, M., 2015

### 3.1.3.3. Determinación de la DE<sub>50</sub> del fungicida químico trifloxystrobin sobre cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.*

La DE<sub>50</sub> del fungicida químico trifloxystrobin sobre las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* corresponde a 0,14 ppm (Figura 40-3), concentración a la cual el producto inhibe



el 50% del micelio del microorganismo procedente de las localidades de Pasaje, Hcda. Grupo Marún, Cajabamba, Tungurahua y San Juan, tolerando una dosis de producto inferior a la recomendada por el fabricante que corresponde a 0,75 ppm (Tabla 40-3) de producto químico, se debe posiblemente a que el microorganismo secretó hormonas como la celulasa y hemicelulosa que contribuyeron a la ruptura de la molécula compleja del producto químico (Cupull, 2003), de acuerdo con este resultado podemos decir que este fungicida químico trifloxystrobin (tega 25 SC) puede ser aplicado a las dosis establecidas por el fabricante conjuntamente con el fungicida biológico *Trichoderma sp.* sin que se afecte la reproducción y colonización del hongo. Roberti *et al.* 2006, sugieren esta práctica conocida como tratamiento integrado, porque permite la reducción del uso de fungicidas, una menor incidencia de patógenos, mayores rendimientos en los cultivos y la disminución de los riesgos que estos agroquímicos representan para la salud humana y los ecosistemas agrícolas.



**Figura 40-3:** Curva de regresión ajustada para el fungicida químico trifloxystrobin frente al microorganismo *Trichoderma sp.* a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

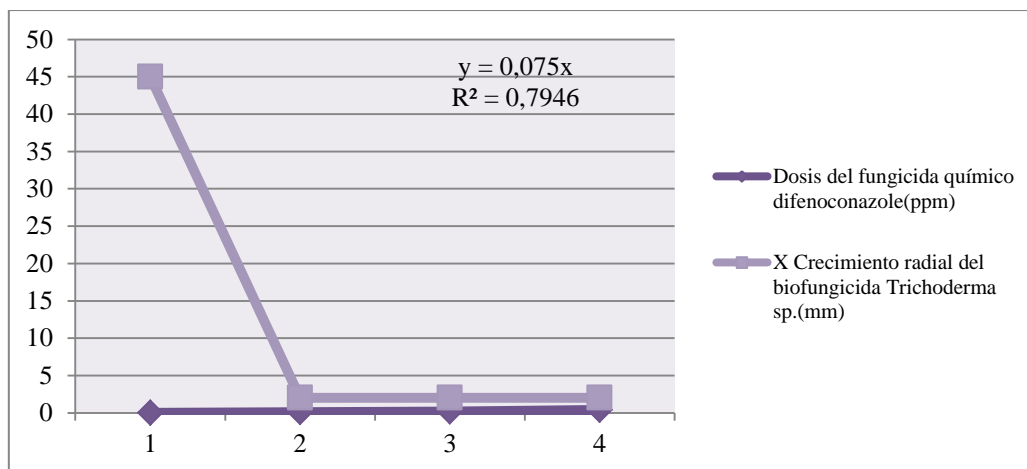
**Tabla 40-3:** Dosis eficaz 50 del fungicida químico trifloxystrobin frente a las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.*

| Cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i>  | Dosis eficaz 50 (en ppm)<br>Fungicida químico<br>trifloxystrobin |
|--|--|
| T <sub>1</sub> (CCECH-Pasaje)  | 0,14   |
| T <sub>2</sub> (CCECH-TJM)   | 0,14   |
| T <sub>3</sub> (CCECH-Ca36-3)  | 0,14   |
| T <sub>4</sub> (CCECH-Tung)  | 0,14   |
| T <sub>5</sub> (CCECH-Ju27)  | 0,14   |
| DE <sub>50</sub> promedio del fungicida químico trifloxystrobin sobre el microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> (ppm) | 0,14   |
| Dosis del fungicida químico trifloxystrobin recomendada por el fabricante (ppm)                                      | 0,75   |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

#### 3.1.3.4. Determinación de la DE<sub>50</sub> del fungicida químico difenoconazole sobre cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.*

La DE<sub>50</sub> del fungicida químico difenoconazole (sico 250 EC) sobre las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* corresponde a 0 ppm (Figura 41-3), concentración que denota que las cepas del microorganismo procedente de las localidades de Pasaje, Hcda. Grupo Marún, Cajabamba, Tungurahua y San Juan, no crecen en presencia del producto, estos resultados (Tabla 41-3) son corroborados por Abosrwill y Clancy (1993), quienes determinaron que de los plaguicidas estudiados, los fungicidas de amplio espectro de acción como los triazoles son los que provocan mayor toxicidad sobre *Trichoderma sp.*, esto puede deberse a que el fungicida perteneciente al grupo químico de los triazoles inhibe el proceso germinativo del hongo porque interfiere en la biosíntesis de los esteroides de las membranas celulares.



**Figura 41-3:** Curva de regresión ajustada para el fungicida químico difenoconazole frente al microorganismo *Trichoderma sp.* a 72 horas de incubación a  $27 \pm 1^\circ\text{C}$ .  
Realizado por: Pasmiño, M., 2015

**Tabla 41-3:** Dosis eficaz 50 del fungicida químico difenoconazole frente a las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.*

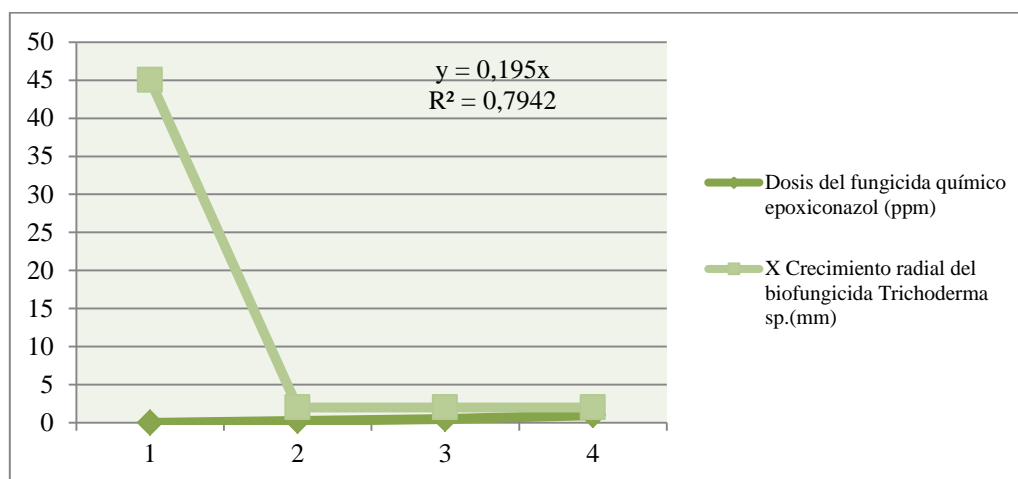
| Cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i>  | Dosis eficaz 50 (en ppm)<br>fungicida químico<br>difenoconazole |
|--|---|
| T <sub>1</sub> (CCECH-Pasaje)  | 0   |
| T <sub>2</sub> (CCECH-TJM)   | 0   |
| T <sub>3</sub> (CCECH-Ca36-3)  | 0   |
| T <sub>4</sub> (CCECH-Tung)  | 0   |
| T <sub>5</sub> (CCECH-Ju27)  | 0   |
| DE <sub>50</sub> promedio del fungicida químico difenoconazole sobre el<br>microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> (ppm) | 0   |
| Dosis del fungicida químico difenoconazole recomendada por el<br>fabricante (ppm)                                      | 2,5   |

Realizado por: Pasmiño, M., 2015

### 3.1.3.5. Determinación de la DE<sub>50</sub> del fungicida químico epoxiconazol sobre cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.*

La DE<sub>50</sub> del fungicida químico epoxiconazol sobre las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* corresponde a 0 ppm (Figura 42-3), estos resultados (Tabla 42-3) nos indican que las cepas del

microorganismo procedente de las localidades de Pasaje, Hcda. Grupo Marún, Cajabamba, Tungurahua y San Juan, no son compatibles con el producto, ya que no se presentó desarrollo del micelio en ninguna de las dosis suministradas, posiblemente debido a que epoxiconazol es un fungicida sistémico, protectante y erradicante, que actúa inhibiendo la biosíntesis del ergosterol, la formación de apresorios, el desarrollo del tubo germinativo del hongo.



**Figura 42-3:** Curva de regresión ajustada para el fungicida químico epoxiconazol frente al microorganismo *Trichoderma sp.* a 72 horas de incubación a  $27\pm 1^{\circ}\text{C}$ .  
Realizado por: Pasmíño, M., 2015

**Tabla 42-3:** Dosis eficaz 50 del fungicida químico epoxiconazol frente a las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.*

| Cepas del microorganismo <i>Trichoderma sp.</i>   | Dosis eficaz 50 (en ppm) fungicida químico epoxiconazol |
|---|---|
| T <sub>1</sub> (CCECH-Pasaje)   | 0   |
| T <sub>2</sub> (CCECH-TJM)  | 0   |
| T <sub>3</sub> (CCECH-Ca36-3)   | 0   |
| T <sub>4</sub> (CCECH-Tung)   | 0   |
| T <sub>5</sub> (CCECH-Ju27)   | 0   |
| DE <sub>50</sub> promedio del fungicida químico epoxiconazol sobre el microorganismo <i>Trichoderma sp.</i> (ppm) | 0   |
| Dosis del fungicida químico epoxiconazol recomendada por el fabricante (ppm)                                      | 6,5   |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015

Dentro de las investigaciones realizadas acerca del uso de *Trichoderma sp.* en el control de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, Llaguno M. (2004) determinó que las cepas de *Trichoderma harzianum* Cajabamba, San Juan, Chambo, Pasaje y Tungurahua toleran a los fungicidas químicos captan y clorotanilil en concentraciones de 87 y 15290 ppm respectivamente. Sin embargo, Cobos G. (2010) observó el antagonismo de *Trichoderma sp.* contra el patógeno *Paracercospora fijiensis* Morelet con diferencias significativas entre el 84-90 %. Mientras que, Franco y Orrego (2013) determinaron que el fungicida que mayor inhibición de crecimiento micelial del microorganismo ocasionó fue el carbendazim + thiram en un 23,28%, sin embargo carboxin + thiram resultó compatible con el biocontrolador e Infante *et al* (2013), evidenciaron la compatibilidad del aceite esencial *C. sinensis* con cuatro cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels.

Estudios con similares resultados que corroboran esta investigación sobre el potencial de *Trichoderma sp.* como agente biocontrolador de enfermedades de las plantas que permite reducir el impacto ambiental suscitado por el indiscriminado uso de productos químicos en las actividades agrícolas, por lo cual se recomienda la agricultura orgánica que debe incluir el microorganismo como parte de una gestión integrada de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet en alternancia con otros productos.

## CONCLUSIONES

Las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* procedentes de la Hcda. Pio IV (T<sub>1</sub>), Hcda. Grupo Marún (T<sub>2</sub>), Cajabamba-Chimborazo (T<sub>3</sub>), Tungurahua (T<sub>4</sub>) y San Juan-Chimborazo (T<sub>5</sub>) presentaron diferencias significativas "in vitro" a las 24 horas de incubación, encontrándose que *Trichoderma viride* Ju27 (T<sub>5</sub>) y *Trichoderma koningii* TJM (T<sub>2</sub>) tuvieron medias de 23,22 y 23,17 mm respectivamente y un menor crecimiento *Trichoderma harzianum* Ca36-3 con 14,75mm; a las 48 horas de incubación las cinco cepas del microorganismo alcanzaron la totalidad de la caja Petri con el crecimiento de su micelio con un valor promedio de 45 mm.

La prueba de tolerancia de las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* frente a los productos, indica que para el desarrollo de las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* no debe existir la presencia de los fungicidas químicos: *Melaleuca alternifolia*, fenpropimorf, difenoconazole y epoxiconazol ya que el microorganismo no se desarrolló en ninguna de las tres dosis suministradas, adicionalmente el fungicida trifloxystrobin debe ser incrementado en un plan de manejo integrado de enfermedades.

La determinación de la dosis eficaz cincuenta promedio (DE<sub>50</sub>) de los fungicidas químicos: *Melaleuca alternifolia*, fenpropimorf, difenoconazole y epoxiconazol sobre las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.*, presenta una respuesta negativa a estos cuatro fungicidas químicos ensayados, por tanto para el desarrollo del microorganismo no debe existir la presencia de estos fungicidas químicos, respecto al fungicida químico trifloxystrobin se determinó que las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.* crecen en presencia de este, encontrándose que toleran una dosis menor a la recomendada por el fabricante que corresponde a 0,75 ppm de producto químico, por lo tanto se recomienda el uso de trifloxystrobin en concentraciones menores a las establecidas por el fabricante conjuntamente con el fungicida biológico *Trichoderma sp.*

## RECOMENDACIONES

Realizar nuevas investigaciones ampliando el número de fungicidas químicos indicados en el tratamiento de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet.

Ampliar el número de cepas de *Trichoderma sp.* dentro de un Plan de Manejo Integrado de la enfermedad.

Valorar la aplicación de un programa de manejo integrado para el control de enfermedades provocadas por *Mycosphaerella fijiensis* Morelet mediante el uso conjunto del agente de control biológico *Trichoderma sp.* con el fungicida químico trifloxystrobin.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**ABOSRWILL, S., CLANCY, K.** Fungicide sensitivity of *Trichoderma sp.* International Congress of Plant Pathology. Canadá. 1993.

**AGÁMEZ, E., RAMOS, R., ZAPATA, I., OVIEDO, L., BARRERA, J.** Evaluación de sustratos y procesos de fermentación sólida para la producción de esporas de *Trichoderma sp.* Revista Colomb. Biotecnol. Vol. 10 N°2. Diciembre 2008. Colombia. pp. 23-34.

**AGRIOS, G.** Fitopatología. Editorial Limusa. 2002. D.F., México. pp. 366-368.

**ALVAREZ, L.** Modo de acción de los triazoles inhibidores del ergosterol. Foro de la Roya. Situación actual del combate químico de la Roya del Café. Escuela de Química. UCR. 2015. pp. 3-25.

**ANDRADE, C.** Evaluación del efecto de la aplicación de *Trichoderma harzianum* y *Trichoderma viride* para el control de marchitez en mora de castilla (*Rubus glaucus* benth) en el cantón Pillaro Provincia de Tungurahua. (Tesis) (Ingeniero Agronomo). ESPOCH, Facultad de Recursos Naturales. Riobamba, Ecuador. 2012. pp. 8-12-61, 13.

**AVANZATO, M., CARMONA, M., LOPEZ, S.** Efecto de los fungicidas azoxystrobina+cyproconazole y cyproconazole+difenoconazole sobre la germinación de uredosporas y morfología de estructuras infectivas de *Phakopsora pachyrhizi* syd. (Tesis) (Ing. Agronomo). Universidad de Buenos Aires, Facultad de Agronomía. Buenos Aires, Colombia. 2008.

**BATISTA, D., OLIVEIRA, S., TAVARES, S., LARANJERA, D., NEVES, R., SILVA, R.** Efectos de fungicidas inhibiendo el crecimiento *in vitro* de *Fusarium oxysporum f. sp. passiflorae* interferencia con *Trichoderma sp.* Summa Phytopathologica. Vol. 28 N°4. 2002. pp. 305-310.

**BENÍTEZ, T., RINCÓN, A., LIMÓN, M., CODÓN, A.** Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. International Microbiology. Vol 7. 2004. España. pp. 249 -260.



**BETANCOURT, J.** Evaluación de una técnica de pregerminación controlada en matriz sólida en combinación con los agentes de control biológico *Trichoderma koningii* y *Pseudomonas fluorescens* para el control del marchitamiento vascular del tomate *Lycopersicum esculatum* causado por el hongo *Fusarium oxysporum*. (Tesis)(Microbiólogo). Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias Biológicas. Bogotá, Colombia. 1997. pp. 29-45.

**BORRERO, C., SILVA, H.** Efectos de *Trichoderma sp. in vitro* en los microorganismos no patógenos descomponedores de la materia orgánica de un suelo oxisol clase IV del pie de monte llanero. Orinoquía. Vól. 9 N°2. 2005. pp 6-14.

**CÁRDENAS, A.** Control biológico bajo condiciones de invernadero de *Rhizoctonia solana* y *Fusarium oxysporum* f. sp. *Lycopersici saccardo* en tomate *Lycopersicon esculatum* Mill empleando pregerminación controlada de semillas y los agentes biocontroladores *Trichoderma koningii* Oudemans y *Pseudomonas fluorescens* Migula. (Tesis) (Microbiólogo Agrícola). Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia. 1999. P. 53.

**CASTRO, R., PESÁNTEZ, M., LEMA, P., QUEVEDO, J., ARICHABALAD, P., ALVARADO, Y.** Potential use of *Trichoderma* based bioproduct for black leaf streak disease (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) management in the field. Instituto de Biotecnología de las Plantas. Universidad Central Marta Abreu de las Villas. Artículo científico. Santa Clara, Cuba. 2014. pp 481-486.

**COBOS, G.** Evaluación de cepas nativas de *Trichoderma sp.* para el control de Sigatoka Negra (*Paracercospora fijiensis* Morelet) en el cultivo de banano (*Musa paradisiaca*) en fase de laboratorio. (Tesis) (Ing. en Ciencias Agropecuarias). Escuela Politécnica del Ejército, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2010. Quito, Ecuador.

**COTES, A.** Study of common bean protection against damping-off by treatment of seeds with *Trichoderma koningii* Oudemans. (Tesis) (Ingeniera Agrónomo). Universidad de Ciencias Agrícolas de Gembloux, Facultad de Ciencias Agrícolas. Gembloux, Bélgica. 2001. P. 120.

**CRUZ, E.** Artículo sobre Epoxiconazol. Instituto Regional de Estudios en Sustancias Tóxicas. Universidad Nacional Heredia. Costa Rica. 2014.

**CRUZ, L.** Estandarización del proceso de producción masiva del hongo *Trichoderma koningii* Th003 mediante fermentación bifásica a escala piloto. (Tesis) (Microbióloga Industrial). Pontificia Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia. 2007. pp 25-30

**CUNDOM, M., GUTIÉRREZ, S., MAZA, S., VALLEJOS, G.** Actividad antagónica *in vitro* de *Trichoderma sp.* contra *Rhizoctonia solani*, patógeno de arroz. Resúmenes XIII. Reunión de Comunicaciones Científicas y Técnicas. 2002.

**CUPULL, S.** Efecto de *Trichoderma Viride* como estimulante de la germinación, en el desarrollo de posturas de cafetos y el control de *Rhizoctonia solani* Kuhn. Fitopatología y Entomología. Vol. 7. 2003. Bogotá. Pp. 203-213.

**CHÁVEZ, T.** Análisis genético de la resistencia a triazoles en aislados de *Mycosphaerella fijienses* Morelet para poblaciones de Ecuador. (Tesis) (Bióloga). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería Marítima, Ciencias Biológicas, Oceanográficas y Recursos Naturales. Guayaquil, Ecuador. 2012. pp.

**CHOLANGO, L.** Selección de cepas de *Trichoderma sp. in vitro*, para el control de problemas radiculares en flores de verano. (Tesis) (Ing. Agronomo). Escuela Politécnica del Ejército, Facultad de Ciencias Agrónomas. Ecuador. 2009. p. 131

**DORAN, P.** Principios de ingeniería en los bioprocesos. Editorial Acríbia S.A. Zaragoza, España. 1998. pp 349-358.

**FALCONI, C., YÁNEZ, V.** Validación de biopesticidas para el control de la moliniasis y manejo sustentable del cacao fino y de aroma en el Ecuador. Publicación Científico Técnica. Escuela Superior Politécnica del Ejército, Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología. 2007. Sangolqui, Ecuador.

**FALCONÍ, C.** Manual de Taxonomía de *Trichoderma sp.* Microorganismos Agrícolas ecuatorianos. 2010. Quito, Ecuador. pp 200.

**FLORES, V.** Evaluación del efecto de *Trichoderma sp.* bajo condiciones de invernadero en el desarrollo de síntomas y severidad de la enfermedad causada por Sigatoka Negra ( *Mycosphaerella*

*fijiensis* Morelet) en plantas de banano (cv. 'Williams' (*Musa* AAA). (Tesis) (Ing. en Biotecnología Ambiental). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador. 2015. pp 49-99.

**FRANCO, B., ORREGO, A.** Compatibilidad *in vitro* de aislados nativos de *Trichoderma sp.* con fungicidas para el tratamiento de semillas. Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Agrarias. Revista de Investigación Agraria. Vol. 15 N°1. 2013. San Lorenzo, Paraguay. pp, 15-22

**GONZALES, M., CASTELLANOS, L., RAMOS, M., PÉREZ, G.** Efectividad de *Trichoderma sp.* para el control de hongos patógenos de la semilla y el suelo en el cultivo de frijol. Revista de Fitosanidad. Vol.9 N°1. 2005. Cuba. pp. 15-20.

**GUIGÓN, C., GUERRERO, V., VARGAS, F., CARVAJAL, E., ÁVILA, G., BRAVO, L., RUOCCO, M., LANZUISE, S., LORITO, M.** Identificación molecular de cepas nativas de *Trichoderma sp.* su tasa de crecimiento *in vitro* y antagonismo contra hongos fitopatógenos. Revista Mexicana de Fitopatología. Vol.28, N°2. 2010. México. pp. 87-96.

**HADDAD, O.** La *Mycosphaerella fijiensis* Morelet un peligro potencial para los cambures y plátanos de Venezuela. 2007.

<http://ceniap.gov.ve/bdigital/fdivul.html>

05/03/2015

**HARMAN, G.** *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma viride*, *Trichoderma koningii*, *Trichoderma hamatum* (Deuteromycetes: Moniliales). 2008

<http://www.ibun.unal.edu.co/r2r7ehtml>.

27/03/2015

**HARMAN, G.** Myths and dogmas of control. Changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. Plant Disease. Vol. 84 N° 4. 2000. pp. 377-393.

**HERMOSA, M., GRONDONA, I., ITURRIAGA, E., DIAZ-MINGUEZ, J., CASTRO, C., MONTE, E., GARCIA, I.** Molecular characterization and identification of biocontrol isolates of *Trichoderma sp.* Applied and Environmental Microbiology. Vol. 66 N° 5. 2000. pp. 1890-1898.

**HERNÁNDEZ, C., PLASENCIA J.** Biocontrol del mal del semillero, enfermedad causada por los hongos *Pythium sp.* y *Phytophthora sp.* en tomate *Solanum betaceum* empleando hongos antagonistas del género *Trichoderma sp.* a nivel de semilleros. (Tesis) (Ing. Ambiental). Universidad Politécnica Salesiana, Facultad de Ciencias. 2013. Cuenca, Ecuador. pp. 35-87.

**INFANTE, D., MARTINEZ, B., SÁNCHEZ, Y., PINO, O.** Efecto de aceites esenciales sobre cuatro cepas de *Trichoderma asperellum* Samuels. Dirección de Sanidad Vegetal, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. Revista de Protección Vegetal. Vol. 28 N°2. 2013. Mayabeque, Cuba. pp. 153-157.

**JAIMES, Y.** Evaluación de *Trichoderma koningii* como inductor de resistencia sistémica en tomate contra *Fusarium oxysporum*. (Tesis) (Dr. en Biología Aplicada). Universidad Militar Nueva Granada, Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia. 2008. pp 60-64.

**JIMÉNEZ, M., TUMBACO, V.** Evaluación del efecto sobre *Mycosphaerella fijiensis* Morelet, en hojas separadas de banano, Cavendish (variedad Williams), del extracto de *Melaleuca alternifolia* en 3 zonas del litoral Ecuatoriano. (Tesis) (Ing. en Mecánica y Ciencias de la Producción). Escuela Superior Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción. . Guayaquil, Ecuador. 2011. pp. 2-8.

**LANDERO, N.** Extractos vegetales y *Trichoderma sp.* en el control de *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. Y Sacc. en frutos de *Caraca papaya* L. en postcosecha. (Tesis) (Dra. en Ciencias). Instituto de Enseñanza e Investigación en Ciencias Agrícolas, Postgrado de Fitosanidad Fitopatología. Texcoco, México. 2013. pp. 40-58.

**LATTEUR, G., JANSEN, L.** Effects of 20 fungicides on the infectivity of conidia of the aphid entomopathogenic fungus *Erynia neoaphidis*. Departament of Biological Contorl and Plant genetic Ressources. Vól. 47 N° 4. 2002. Gembloux, Belgium. pp 435-44.

**LLAGUNO, M.** Tolerancia de cinco cepas del biofungicida *Trichoderma harzianum* a cinco fungicidas químicos. (Tesis) (Dra. en Bioquímica y Farmacia). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. Riobamba, Ecuador. 2004. pp. 21-57-61,125.

**MANZO, G., ZAPATER, M., LUNA, F., SIMPSON, J., CARLIER, J., KAY, J.** Construcción de un mapa genético de Ligamiento de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. Centro de Investigación Científica de Yucatán. 2004. Yucatán, México. pp. 155-173.

**MARTINEZ, B., INFANTE, D., REYES, Y.** *Trichoderma* sp. y su función en el control de plagas en los cultivos. Departamento de Biología y Sanidad Vegetal, Centro Nacional de Sanidad Agropecuaria. Revista de Protección Vegetal. Vol. 28 N° 1. 2013. Mayabeque, Cuba. pp. 1-11.

**MAY, L., KIMATI, H.** Controle de *Phytophthora parasitica* com fungicidas e efeito desses productos no crescimento micelial de *Trichoderma*. Summa Phytopathologica. Vól. 26 N° 1. 2000. pp 52-57.

**MOHAMED, A., EL MOUGY, N., MOHAMED, L.** Essential oils and *Trichoderma harzianum* as an integrated control measure against faba bean root rot pathogens. J of Plant Protection Res. Vol. 51 N°3. 2011. pp. 306-313.

**MORALES, M.** Evaluación de la eficiencia de productos alternativos para el control de lancha *Phytophthora infestans* (Mont.) de Bary en *Solanum tuberosum*, Cutuglanua- Pichincha. (Tesis) (Ing. Agrónoma). Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador. 2002. pp. 9-11.

**MORENO, C.** Control biológico de enfermedades foliares del cultivo del tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) con énfasis en mildew polvoso (*Oidium* sp.). (Tesis) (Ingeniera Agrónoma). Universidad Nacional de Colombia, Facultad de Ciencias Agrarias. Medellín, Colombia. 2003. P. 160.

**ORDOSGOITTI, F.** Enfermedades de *Musa acuminata* en Venezuela. Medidas de control. Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuarias. Serie B, N° 37. 1999. Maracay, Venezuela. p. 71.

**ORELLANA, H.** Cultivo de *Musa acuminata*. Vademécum Agrícola. Manual de Cultivos. Edifarm. 2008. Ecuador. p. 17.

**PALOU, L.** Control of citrus postharvest diseases by physical means. En: Tree and forestry Science and Biotechnology. 2009. Valencia, España. Vol 3. pp 127-142

**PAPAVIZAS, G., LEWIS, J.** Fungi in biological control systems. En M.N. Bunge (Ed).The use of fungi in integrated control of plant diseases. 1988. Manchester University Press. pp. 235-253.

**POZO, D.** Efecto de la poda temprana y la aplicación de un bioestimulante en el cultivo de *Musa acuminata* AAA, sobre la incidencia de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet. (Tesis) (Ing. Agropecuario). Escuela Politécnica del Ejército, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2009. Santo Domingo de los Tsáchilas, Ecuador. pp. 9-22.

**QUEZADA, P.** Evaluación del comportamiento de fungicidas microbiológicos en la prevención de *Botritis* en el cultivo de fresa. (Tesis) (Magister en Gestión de la Producción de flores y frutas andinas para exportación). Universidad Técnica de Ambato, Centro de Estudios de Postgrado. Ambato, Ecuador. 2011.

**REYES, Y., INFANTE, D., GARCIA, J., DEL POZO, E., CRUZ, A., MARTÍNEZ, B.** Compatibilidad de *Trichoderma asperellum* Samuels con herbicidas de mayor uso en el cultivo del arroz. Departamento de Biología y Sanidad Vegetal, Universidad Agraria de la Habana. Revista de Protección Vegetal. Vol. 27 N°1. Mayabeque, Cuba. 2012. pp. 45-53.

**RIFAI, M.** A revision of the genus *Trichoderma*. Mycological Papers. 1969. Pp 116.

**RINCÓN, A.** Mecanismos de biocontrol de *Trichoderma* sp. Boletín Técnico de Producción N°30. 2003. Centro de Desarrollo de agro negocios. México.

**ROBERTI, R., BADIALI, F., PISI, A., VERONESI, A., PANCALDI, D., CESARI, A.** Sensitivity of *Clonostachys rosea* and *Trichoderma* sp. as potential biocontrol agents to pesticides. Journal of Phytopathology. Vól. 154. 2006. pp 100-109.

**RIVERA, H.** Evaluar el comportamiento de cuatro fungicidas en mezclas, prueba de hoja simple para control de Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el cultivo de banano. (Tesis) (Ing. Agronomo). Universidad Técnica de Machala, Facultad de Ciencias Agropecuarias. Machala, Ecuador. 2013. pp 39-40.

**SAMUELS, G.** *Trichoderma*: Systematics, the Sexual State, and Ecology. Phytopathology. Departament of Agriculture- Agricultural Research Service, Systematic Botany and Mycology Lab. Vol. 96. Beltsville. 2006. pp 195- 206.

**SALDAMANDO, C.** Control de *Rhizoctonia solani* Kuhn en tomate mediante una combinación de tratamientos de pregerminación controlada y el agente de control biológico *Trichoderma koningii* Oudemans. (Tesis) (Ingeniero Biólogo). Universidad de los Andes, Facultad de Ciencias. Bogotá, Colombia. 2012. pp. 12-33.

**SINGH, H., SRIVASTAVA S., SINGH, H.** Effect of substrates on growth and shelflife of *Trichoderma harzianum* and its use in biocontrol of diseases. Bioresource Technology. Vol 98. 2007. pp. 470-473.

**TILMAN, D., CASMAN, K., MATSON. P., NAYLOR, R., and POLASKY, S.** Agricultural sustainability and intensive production practices. Natures. Vol. 418. 2002. pp. 671-677.

**TOVAR, J.** Evaluación de la capacidad antagonista *in vivo* de aislamientos de *Trichoderma* spp., frente al hongo fitopatógeno *Rhizoctonia solani*. (Tesis) (Microbiólogo Agrícola y Veterinario). Pontifica Universidad Javeriana, Facultad de Ciencias. 2008. Bogotá, Colombia. pp. 16-61

**VALLEJO, M.** Caracterización y clasificación de *Trichodermas* sp. nativos aplicando diferentes medios de cultivo a nivel de laboratorio artesanal. (Tesis) (Magister en Agroecología y Ambiente). Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ciencias Agropecuarias. 2014. Ambato, Ecuador. pp 8-17.

**VEGA, G.** La Sigatoka Negra (*Mycosphaerella fijiensis* Morelet) en el banano. 2007  
<http://www.ceniap.gov.ve/bdigital/monografias/banano/contenido/sigatoka>  
12/03/2015

**VILLEGAS, M.** *Trichoderma* pers. Características generales y su potencial biológico en la agricultura sostenible. 2005. Vol 4. pp. 1-20.

**WIJESINGHE, C., WIJERATNAM, R., SAMARASEKARA, J., and WIJESUNDERA, R.** Development of a formulation of *Trichoderma asperellum* to control black rot disease on pineapple caused by (*Thielaviopsis paradoxa*). Crop Protection. Vol.30. 2011. pp. 300-306.

**YUMBAY, M.** Evaluación de cepas de *Trichoderma sp.* en el control de *Botrytis cinérea* en el cultivo de rosas. (Tesis) (Ing. en Ciencias Agropecuarias). Escuela Politécnica del Ejército, Facultad e Ciencias Agropecuarias. 2011. Quito, Ecuador.

Cruz, E. Fenpropimorf. Manual de plaguicidas. Costa Rica. 2010  
<http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/252-fenpropimorf>  
27/02/2015

AGRO Activo. *Melaleuca alternifolia*. 2103  
<http://www.agroactivocol.com/index.php/almacen/fungicidas-biologicos/timorex-gold-1-litros-detail>  
08/03/2015

ANTALIEN. Calidad para la agricultura. Ficha técnica difenoconazole. 2014  
<http://www.antalien.net/productos/tecnicas/Ficha-Tecnica-Difenoconazole-25-EC.pdf>  
02/04/2015

Asociación de Exportadores de *Musa acuminata* del Ecuador. Datos estadísticos de las exportaciones. 2015  
[www.aebe.com.ec/Desktop.aspx.?ld=174](http://www.aebe.com.ec/Desktop.aspx.?ld=174)  
02/04/2015

Bayer. Folleto Trifloxystrobin. 2014  
[www.bayercropsience.cl](http://www.bayercropsience.cl)  
17/03/2014

Productor. Productores deberán devolver envases vacíos de agroquímicos. 2015  
<http://elproductor.com/2015/03/30/ecuador-productores-deberan-devolver-envases-vacios-de-agroquimicos/>  
31/03/2015

Productor. Los países bananeros, preocupados por el mal de Panamá. 2015  
<http://elproductor.co/2015/04/01/FAO-paises-preocupados-por-el-mal-de-Panamá>



Ficha técnica difenoconazole. 2011

[www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos\\_y\\_documentos/174317/difeconazole.pdf](http://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/174317/difeconazole.pdf)

16/03/2015

Ficha técnica *Trichoderma viride*. 2010

<http://www.biocultivos.com.co/dctos/Ficha+Tecnica+Cientifica+del+Trifisol.pdf>

[www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis98.pdf](http://www.javeriana.edu.co/biblos/tesis/ciencias/tesis98.pdf)

18/11/2014

Fungicida epoxiconazol. 2011

[http://agro.basf.co.cr/productos/p\\_fungicida.php?id=13](http://agro.basf.co.cr/productos/p_fungicida.php?id=13)

25/11/2014

Fungicida difenoconazole. 2011

<http://www.syngenta.com.mx/sico-250-ce.aspx>

[http://www.syngenta.com.mx/Data/Sites/1/agroquimicos\\_productos/fungicidas/sico\\_250\\_ce/cultivos\\_sico.pdf](http://www.syngenta.com.mx/Data/Sites/1/agroquimicos_productos/fungicidas/sico_250_ce/cultivos_sico.pdf)

23/01/2015

Fungicida trifloxystrobin. 2011

[http://www.bayercropscience-ca.com/contenido.php?id=236&id\\_prod=569](http://www.bayercropscience-ca.com/contenido.php?id=236&id_prod=569)

26/01/2015

Fungicida fenpropimorf. 2011

<http://www.agroquimicos-organicosplm.com/volley-8121-3#inicio>

28/01/2015

Fungicida *Melaleuca alternifolia*. 2011

<http://www.syngenta.com.mx/materiales-impresos-timorex.aspx>

29/01/2015

Guía Práctica de Productos Sanitarios. 2015

[www.guifitos.com/content/clasificacion-de-fungicidas-según-modo-de-acción](http://www.guifitos.com/content/clasificacion-de-fungicidas-según-modo-de-acción)

01/04/ 2015

Proyecto Especial CHAVIMOCHIC. Fungicida biológico de contacto *Trichoderma viride* TAS2. Laboratorio de hongos benéficos. Gobierno Regional La Libertad. 2015. pp. 1,2.  
[www.chavimochic.gob.pe](http://www.chavimochic.gob.pe)  
15/03/2015

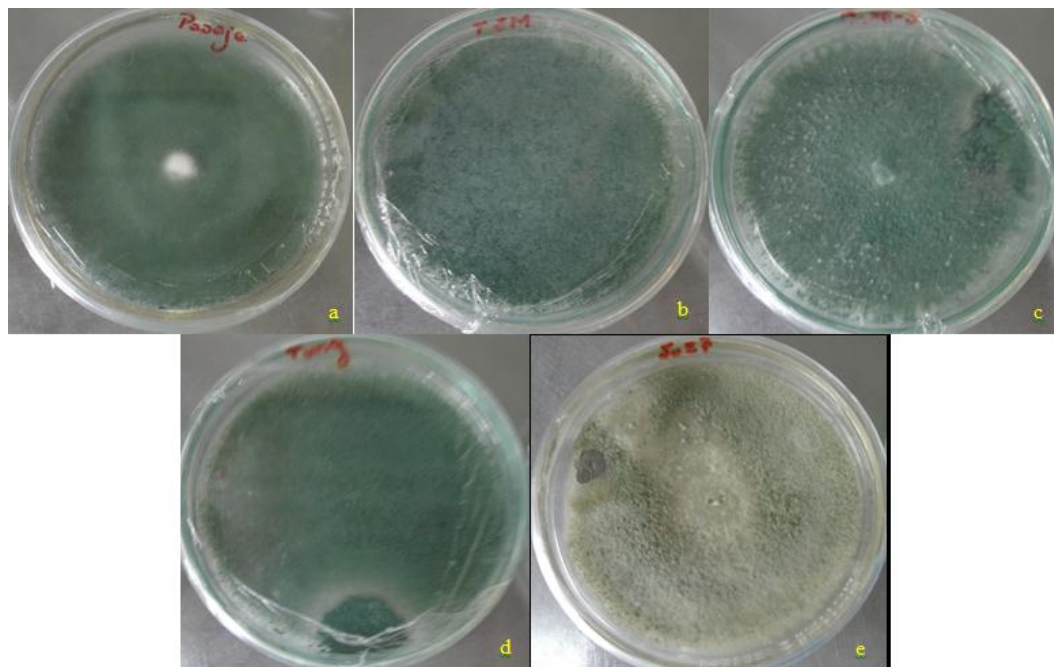
SICA. Análisis del mercado mundial bananero y la situación del Ecuador en 2009 y 2010. 2011  
<http://www.sica.gov.ec/index.html>  
18/03/2015

STOCKTON Group. Control complete de *Mycosphaerella fijiensis* Morelet con la nueva generación de biofungicidas *Melaleuca alternifolia*. 2010.  
[www.stockton.ag.com](http://www.stockton.ag.com)  
24/03/2015

UNA. Plaguicida Epoxiconazol. 2010  
<http://www.plaguicidasdecentroamerica.una.ac.cr/index.php/base-de-datos-menu/216-epoxiconazol>  
12/03/2015

## ANEXOS

**Anexo 1.** Cepas del microorganismo utilizadas en la investigación: a *Trichoderma harzianum* Pasaje, b *Trichoderma koningii* TJM, c *Trichoderma harzianum* Ca36-3, d *Trichoderma viride* Tung y e *Trichoderma viride* Ju27.



Realizado por: PASMIÑO, M., 2015

**Anexo 2.** Presentación de los fungicidas químicos ensayados: a difenoconazole, b trifloxystrobin, c epoxiconazol, d fenpropimorf y e *Melaleuca alternifolia*



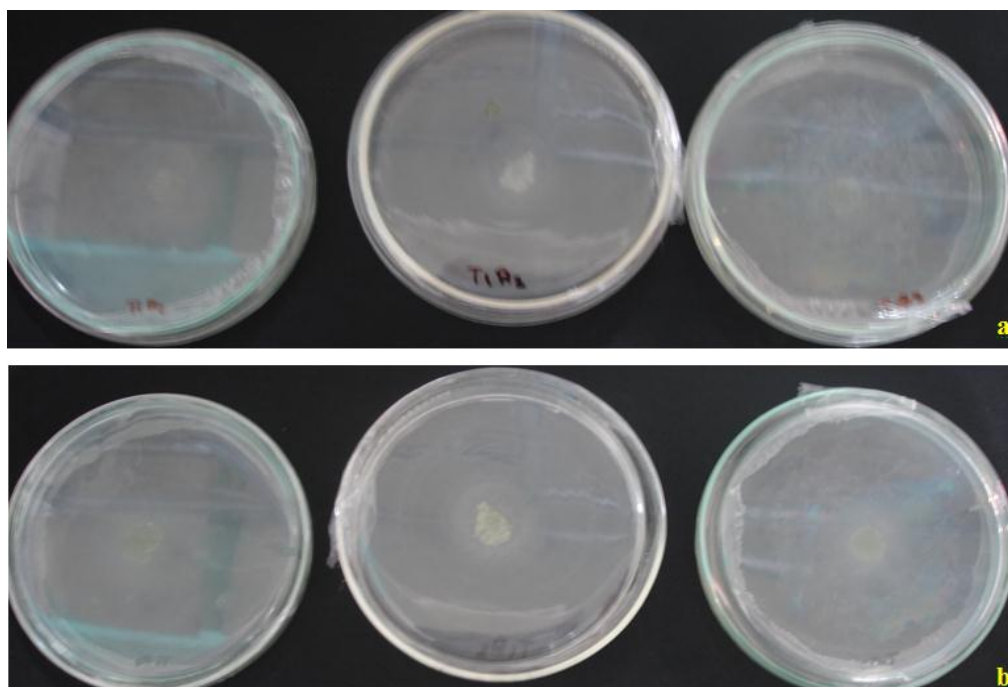
Realizado por: PASMIÑO, M., 2015

**Anexo 3.** Procedimiento para instalar la prueba de evaluación del crecimiento de las cinco cepas del microorganismo *Trichoderma sp.*



Realizado por: PASMIÑO, M., 2015

**Anexo 4.** Instalando el testigo de *Trichoderma sp.* para los tratamientos correspondientes a la investigación: a vista frontal y b vista por detrás de la caja Petri



Realizado por: PASMIÑO, M., 2015

**Anexo 5.**Preparando las dosis del fungicida químico *Melaleuca alternifolia*



Realizado por: PASMIÑO, M., 2015

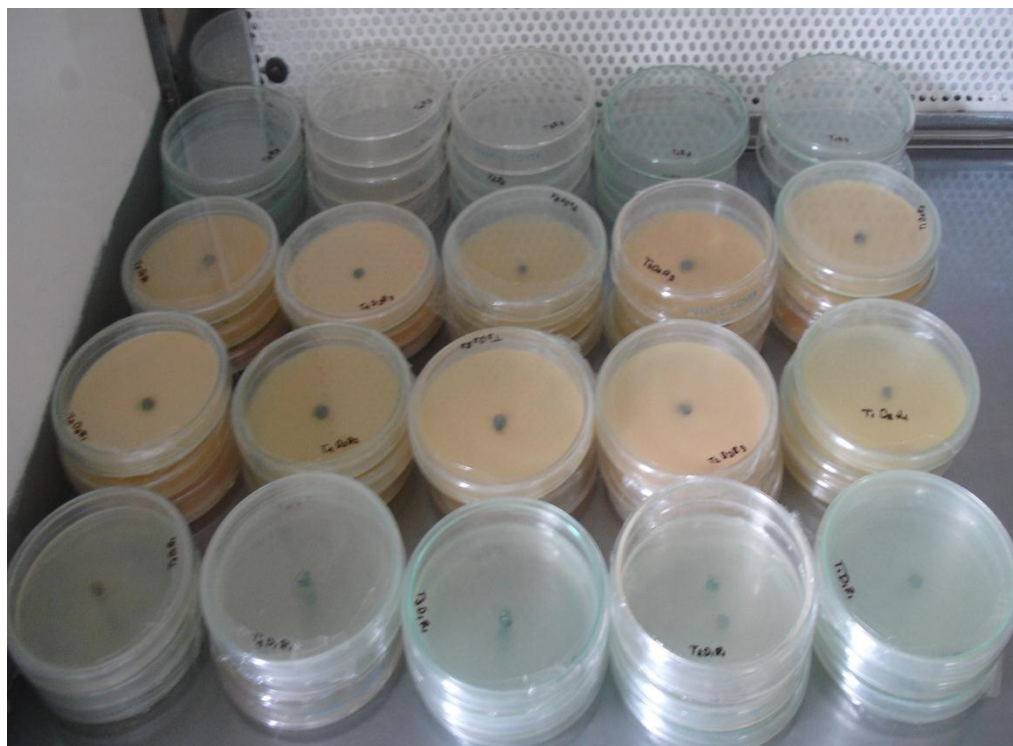
**Anexo 6.** Dosis correspondientes al fungicida químico *Melaleuca alternifolia*



Realizado por: PASMIÑO, M., 2015

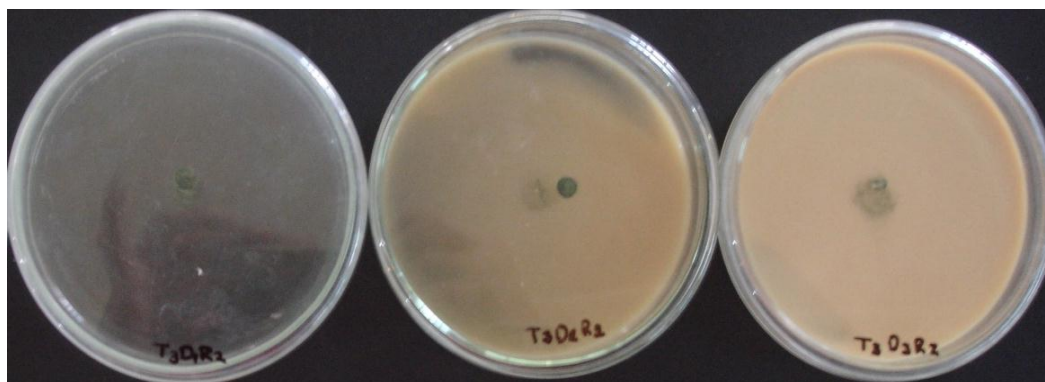


**Anexo 7.** Instalando la prueba de compatibilidad del microorganismo *Trichoderma sp.* frente al fungicida químico *Melaleuca alternifolia*



Realizado por: PASMIÑO, M., 2015

**Anexo 8.** Respuesta de compatibilidad del microorganismo *Trichoderma harzianum* Ca36-3 frente a la dosis 1 del fungicida químico *Melaleuca alternifolia* en la repetición 2



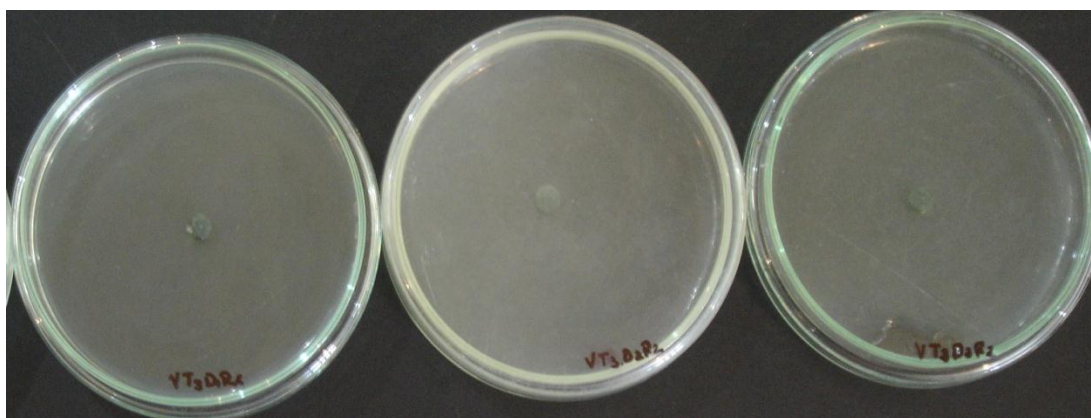
Realizado por: PASMIÑO, M., 2015

**Anexo 9.**Dosis correspondientes al fungicida químico fenpropimorf



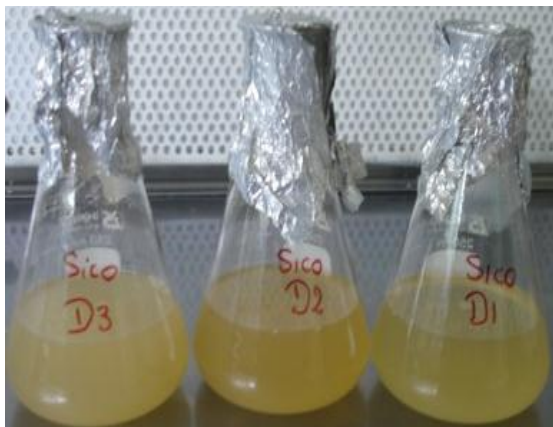
Realizado por: PASMIÑO, M., 2015

**Anexo 10.** Respuesta de compatibilidad del microorganismo *Trichoderma* Ca36-3a la dosis 2 del fungicida químico fenpropimorf de la repetición 2



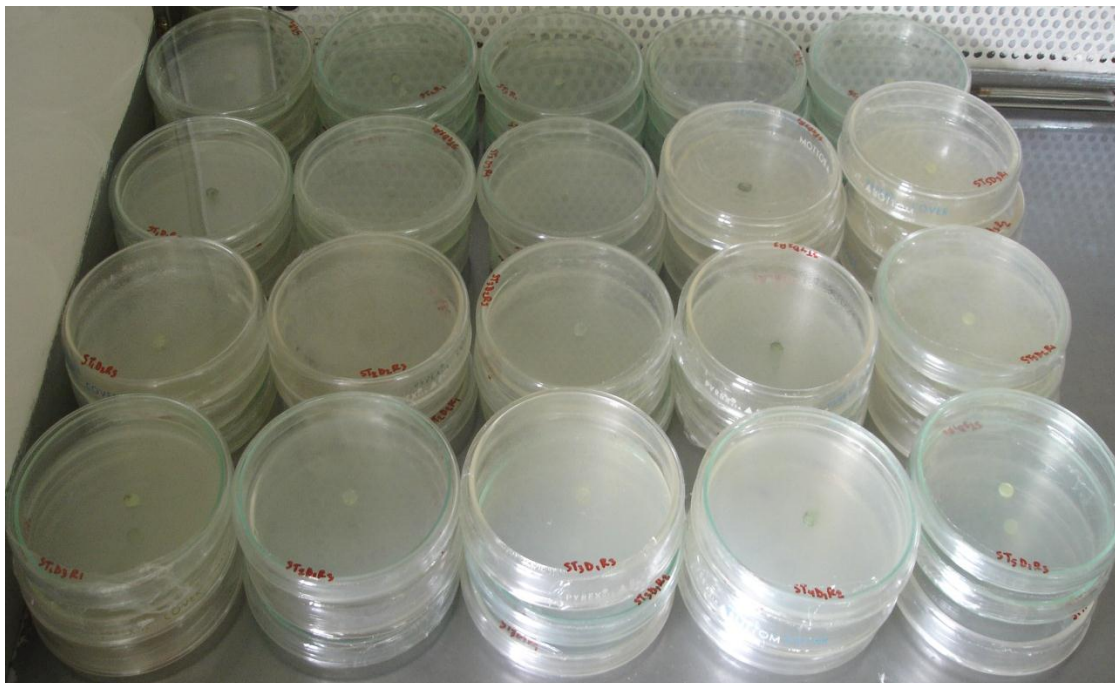
Realizado por: PASMIÑO, M., 2015

**Anexo 11.**Dosis correspondientes al fungicida químico difenoconazole



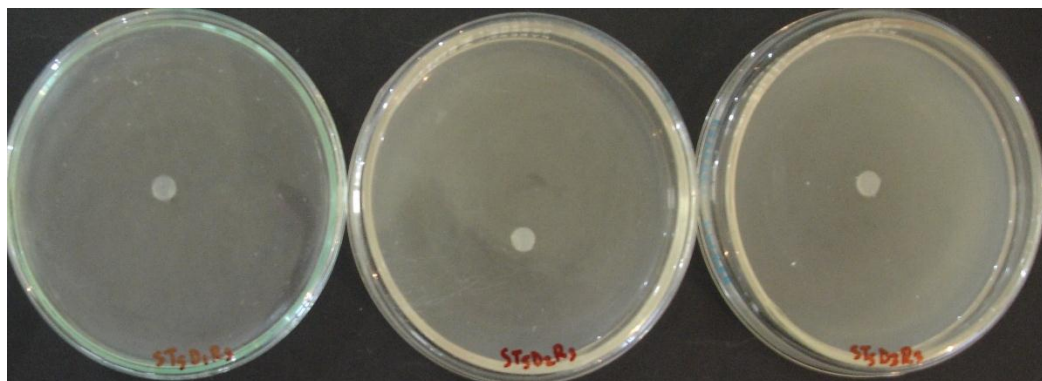
Realizado por: PASMIÑO, M., 2015

**Anexo 12.** Prueba de compatibilidad del microorganismo *Trichoderma sp.* frente al fungicida químico difenoconazole instalada



Realizado por: PASMIÑO, M., 2015

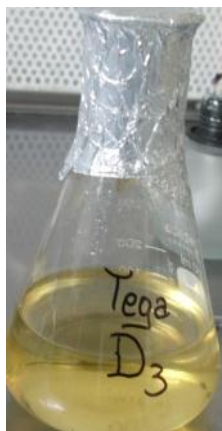
**Anexo 13.** Respuesta de compatibilidad del microorganismo *Trichoderma viride* Ju27 frente a la dosis 2 del fungicida químico difenoconazole de la repetición 3



Realizado por: PASMIÑO, M., 2015



**Anexo 14.** Dosis 3 correspondiente al fungicida químico trifloxystrobin



Realizado por: PASMIÑO, M., 2015

**Anexo 15.** Respuesta de compatibilidad del microorganismo *Trichoderma viride* Ju27 frente a la dosis 2 del fungicida químico trifloxystrobin de la repetición 3



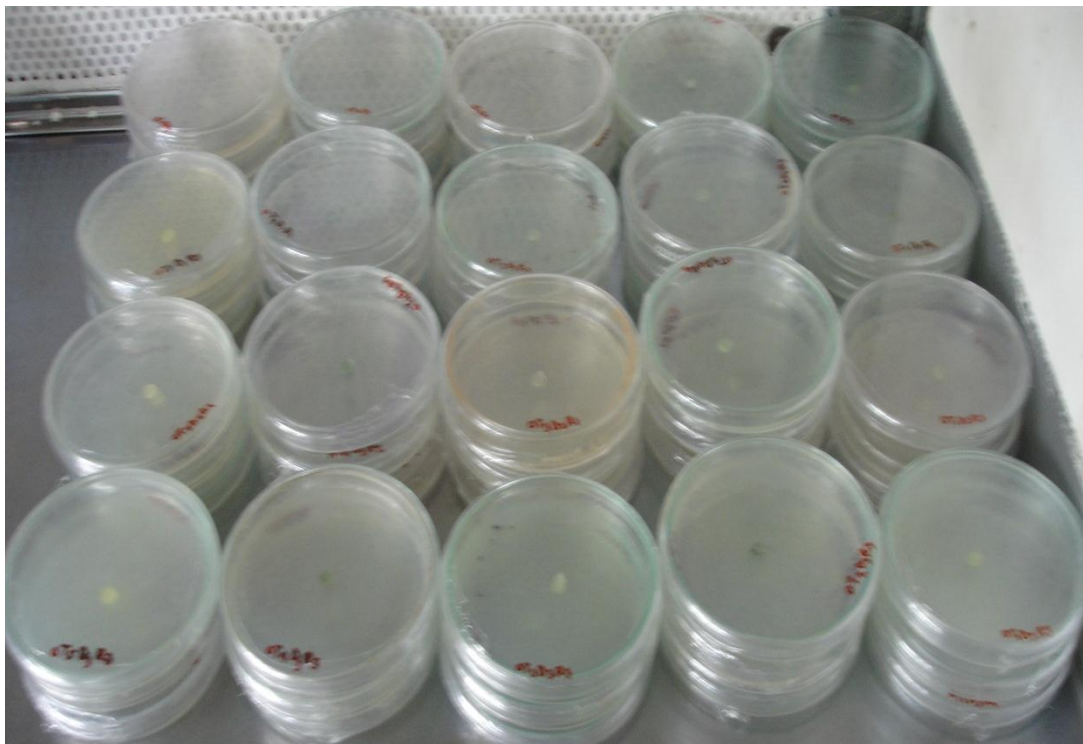
Realizado por: PASMIÑO, M., 2015

**Anexo 16.** Dosis correspondientes al fungicida químico epoxiconazol



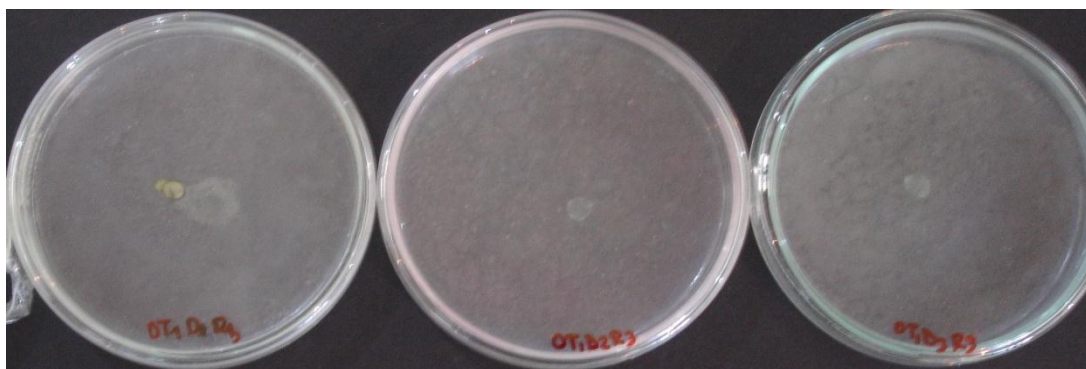
Realizado por: PASMIÑO, M., 2015

**Anexo 17.** Prueba de compatibilidad del microorganismo *Trichoderma sp.* frente al fungicida químico epoxiconazol instalada



Realizado por: PASMIÑO, M., 2015

**Anexo 18.** Respuesta de compatibilidad del microorganismo *Trichoderma* Pasaje frente a la dosis 2 del fungicida químico epoxiconazol de la repetición 3



Realizado por: PASMIÑO, M., 2015

**Anexo 19.** Códigos y descripción de los tratamientos realizados en la determinación de la tolerancia del microorganismo *Trichoderma sp.* a cinco fungicidas químicos

| Nº Tratamiento | Códigos                        | Descripción Tratamiento  |
|----------------|--------------------------------|--|
| 1              | T <sub>1</sub> Md <sub>1</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 1 (1,6 ppm) |
| 2              | T <sub>1</sub> Md <sub>2</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 2 (3,2 ppm) |
| 3              | T <sub>1</sub> Md <sub>3</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 3 (6,4 ppm) |
| 4              | T <sub>1</sub> Fd <sub>1</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Fenpropimorf. Dosis 1 (0,1 ppm)                   |
| 5              | T <sub>1</sub> Fd <sub>2</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Fenpropimorf. Dosis 2 (0,3 ppm)                   |
| 6              | T <sub>1</sub> Fd <sub>3</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Fenpropimorf. Dosis 3 (0,52 ppm)                  |
| 7              | T <sub>1</sub> Td <sub>1</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Trifloxystrobin Dosis 1 (0,047 ppm)               |
| 8              | T <sub>1</sub> Td <sub>2</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Trifloxystrobin. Dosis 2 (0,094 ppm)              |
| 9              | T <sub>1</sub> Td <sub>3</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Trifloxystrobin. Dosis 3 (0,188 ppm)              |
| 10             | T <sub>1</sub> Dd <sub>1</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Difenoconazole. Dosis 1 (0,094 ppm)               |
| 11             | T <sub>1</sub> Dd <sub>2</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Difenoconazole. Dosis 2 (0,1875 ppm)              |
| 12             | T <sub>1</sub> Dd <sub>3</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Difenoconazole. Dosis 3 (0,375 ppm)               |
| 13             | T <sub>1</sub> Ed <sub>1</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Epoxiconazol. Dosis 1 (0,244 ppm)                 |
| 14             | T <sub>1</sub> Ed <sub>2</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Epoxiconazol. Dosis 2 (0,487 ppm)                 |
| 15             | T <sub>1</sub> Ed <sub>3</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Pasaje, Epoxiconazol. Dosis 3 (0,975 ppm)                 |

|    |                                |  |
|----|--------------------------------|--|
| 16 | T <sub>2</sub> Md <sub>1</sub> | <i>Trichoderma koningii</i> TJM, <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 1 (1,6 ppm)     |
| 17 | T <sub>2</sub> Md <sub>2</sub> | <i>Trichoderma koningii</i> TJM <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 2 (3,2 ppm)      |
| 18 | T <sub>2</sub> Md <sub>3</sub> | <i>Trichoderma koningii</i> TJM, <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 3 (6,4 ppm)     |
| 19 | T <sub>2</sub> Fd <sub>1</sub> | <i>Trichoderma koningii</i> TJM, Fenpropimorf.<br>Dosis 1 (0,1 ppm)                    |
| 20 | T <sub>2</sub> Fd <sub>2</sub> | <i>Trichoderma koningii</i> TJM, Fenpropimorf.<br>Dosis 2 (0,3 ppm)                    |
| 21 | T <sub>2</sub> Fd <sub>3</sub> | <i>Trichoderma koningii</i> TJM, Fenpropimorf.<br>Dosis 3 (0,52 ppm)                   |
| 22 | T <sub>2</sub> Td <sub>1</sub> | <i>Trichoderma koningii</i> TJM, Trifloxystrobin<br>Dosis 1 (0,047 ppm)                |
| 23 | T <sub>2</sub> Td <sub>2</sub> | <i>Trichoderma koningii</i> TJM, Trifloxystrobin.<br>Dosis 2 (0,094 ppm)               |
| 24 | T <sub>2</sub> Td <sub>3</sub> | <i>Trichoderma koningii</i> TJM, Trifloxystrobin.<br>Dosis 3 (0,188 ppm)               |
| 25 | T <sub>2</sub> Dd <sub>1</sub> | <i>Trichoderma koningii</i> TJM, Difenconazole.<br>Dosis 1 (0,094 ppm)                 |
| 26 | T <sub>2</sub> Dd <sub>2</sub> | <i>Trichoderma koningii</i> TJM, Difenconazole.<br>Dosis 2 (0,1875 ppm)                |
| 27 | T <sub>2</sub> Dd <sub>3</sub> | <i>Trichoderma koningii</i> TJM, Difenconazole.<br>Dosis 3 (0,375 ppm)                 |
| 28 | T <sub>2</sub> Ed <sub>1</sub> | <i>Trichoderma koningii</i> TJM, Epoxiconazol.<br>Dosis 1 (0,244 ppm)                  |
| 29 | T <sub>2</sub> Ed <sub>2</sub> | <i>Trichoderma koningii</i> TJM, Epoxiconazol.<br>Dosis 2 (0,487 ppm)                  |
| 30 | T <sub>2</sub> Ed <sub>3</sub> | <i>Trichoderma koningii</i> TJM, Epoxiconazol.<br>Dosis 3 (0,975 ppm)                  |
| 31 | T <sub>3</sub> Md <sub>1</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3, <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 1 (1,6 ppm) |
| 32 | T <sub>3</sub> Md <sub>2</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3, <i>Melaleuca</i>                                  |

|    |                                |  |
|----|--------------------------------|--|
|    |                                | <i>alternifolia</i> . Dosis 2 (3,2 ppm)  |
| 33 | T <sub>3</sub> Md <sub>3</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3, <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 3 (6,4 ppm) |
| 34 | T <sub>3</sub> Fd <sub>1</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3, Fenpropimorf. Dosis 1 (0,1 ppm)                   |
| 35 | T <sub>3</sub> Fd <sub>2</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3, Fenpropimorf. Dosis 2 (0,3 ppm)                   |
| 36 | T <sub>3</sub> Fd <sub>3</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3, Fenpropimorf. Dosis 3 (0,52 ppm)                  |
| 37 | T <sub>3</sub> Td <sub>1</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3, Trifloxystrobin Dosis 1 (0,047 ppm)               |
| 38 | T <sub>3</sub> Td <sub>2</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3, Trifloxystrobin. Dosis 2 (0,094 ppm)              |
| 39 | T <sub>3</sub> Td <sub>3</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3, Trifloxystrobin. Dosis 3 (0,188 ppm)              |
| 40 | T <sub>3</sub> Dd <sub>1</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3, Difenoconazole. Dosis 1 (0,094 ppm)               |
| 41 | T <sub>3</sub> Dd <sub>2</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3, Difenoconazole. Dosis 2 (0,1875 ppm)              |
| 42 | T <sub>3</sub> Dd <sub>3</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3, Difenoconazole. Dosis 3 (0,375 ppm)               |
| 43 | T <sub>3</sub> Ed <sub>1</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3, Epoxiconazol. Dosis 1 (0,244 ppm)                 |
| 44 | T <sub>3</sub> Ed <sub>2</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3, Epoxiconazol. Dosis 2 (0,487 ppm)                 |
| 45 | T <sub>3</sub> Ed <sub>3</sub> | <i>Trichoderma harzianum</i> Ca36-3, Epoxiconazol. Dosis 3 (0,975 ppm)                 |
| 46 | T <sub>4</sub> Md <sub>1</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Tung, <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 1 (1,6 ppm)      |
| 47 | T <sub>4</sub> Md <sub>2</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Tung, <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 2 (3,2 ppm)      |
| 48 | T <sub>4</sub> Md <sub>3</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Tung, <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 3 (6,4 ppm)      |

|    |                                |   |
|----|--------------------------------|---|
| 49 | T <sub>4</sub> Fd <sub>1</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Tung, Fenpropimorf.<br>Dosis 1 (0,1 ppm)                |
| 50 | T <sub>4</sub> Fd <sub>2</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Tung, Fenpropimorf.<br>Dosis 2 (0,3 ppm)                |
| 51 | T <sub>4</sub> Fd <sub>3</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Tung, Fenpropimorf.<br>Dosis 3 (0,52 ppm)               |
| 52 | T <sub>4</sub> Td <sub>1</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Tung, Trifloxystrobin.<br>Dosis 1 (0,047 ppm)           |
| 53 | T <sub>4</sub> Td <sub>2</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Tung, Trifloxystrobin.<br>Dosis 2 (0,094 ppm)           |
| 54 | T <sub>4</sub> Td <sub>3</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Tung, Trifloxystrobin.<br>Dosis 3 (0,188 ppm)           |
| 55 | T <sub>4</sub> Dd <sub>1</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Tung, Difenconazole.<br>Dosis 1 (0,094 ppm)             |
| 56 | T <sub>4</sub> Dd <sub>2</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Tung, Difenconazole.<br>Dosis 2 (0,1875 ppm)            |
| 57 | T <sub>4</sub> Dd <sub>3</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Tung, Difenconazole.<br>Dosis 3 (0,375 ppm)             |
| 58 | T <sub>4</sub> Ed <sub>1</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Tung, Epoxiconazol.<br>Dosis 1 (0,244 ppm)              |
| 59 | T <sub>4</sub> Ed <sub>2</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Tung, Epoxiconazol.<br>Dosis 2 (0,487 ppm)              |
| 60 | T <sub>4</sub> Ed <sub>3</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Tung, Epoxiconazol.<br>Dosis 3 (0,975 ppm)              |
| 61 | T <sub>5</sub> Md <sub>1</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 1 (1,6 ppm) |
| 62 | T <sub>5</sub> Md <sub>2</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 2 (3,2 ppm) |
| 63 | T <sub>5</sub> Md <sub>3</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, <i>Melaleuca alternifolia</i> . Dosis 3 (6,4 ppm) |
| 64 | T <sub>5</sub> Fd <sub>1</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Fenpropimorf.<br>Dosis 1 (0,1 ppm)                |
| 65 | T <sub>5</sub> Fd <sub>2</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Fenpropimorf.                                     |

|    |                                |   |
|----|--------------------------------|---|
|    |                                | Dosis 2 (0,3 ppm)   |
| 66 | T <sub>5</sub> Fd <sub>3</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Fenpropimorf.<br>Dosis 3 (0,52 ppm)     |
| 67 | T <sub>5</sub> Td <sub>1</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Trifloxystrobin.<br>Dosis 1 (0,047 ppm) |
| 68 | T <sub>5</sub> Td <sub>2</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Trifloxystrobin.<br>Dosis 2 (0,094 ppm) |
| 69 | T <sub>5</sub> Td <sub>3</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Trifloxystrobin.<br>Dosis 3 (0,188 ppm) |
| 70 | T <sub>5</sub> Dd <sub>1</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Difenconazole.<br>Dosis 1 (0,094 ppm)   |
| 71 | T <sub>5</sub> Dd <sub>2</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Difenconazole.<br>Dosis 2 (0,1875 ppm)  |
| 72 | T <sub>5</sub> Dd <sub>3</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Difenconazole.<br>Dosis 3 (0,375 ppm)   |
| 73 | T <sub>5</sub> Ed <sub>1</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Epoxiconazol.<br>Dosis 1 (0,244 ppm)    |
| 74 | T <sub>5</sub> Ed <sub>2</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Epoxiconazol.<br>Dosis 2 (0,487 ppm)    |
| 75 | T <sub>5</sub> Ed <sub>3</sub> | <i>Trichoderma viride</i> Ju27, Epoxiconazol.<br>Dosis 3 (0,975 ppm)    |
| 76 | T <sub>e</sub>                 | Testigo   |

Realizado por: Pasmíño, M., 2015